This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

SITZUNGSBERICHTE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

DREIUNDDREISSIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1859.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

DREIUNDDREISSIGSTER BAND.

JAHRGANG 1858. — N° 24 BIS 29.

(Mit 22 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1859.

K

171753

STANFORD LIBRARY

INHALT.

Seite

Sitzung vom 4. November 1858.

Šafařik, Beiträge zur Kenntniss der Vanadinverbindungen . . . 3
Luschka, Der *Musculus transversus colli* des Menschen. (Mit 1 Tafel.) 18
Blaserna, Über den inducirten Strom der Nebenbatterie 25
Kolenati, Beiträge zur Kenntniss der Arachniden. (Mit 4 Tafeln.) 69
Hlasiwetz, Analyse der Mineralquelle „del Franco" zu Recoaro . 90
Müller, Beiträge zur Theorie der Respiration 99
v. Biesiadecki und *Herzig*, Die verschiedenen Formen der quergestreiften Muskelfasern. (Mit 3 Tafeln.) 146
Löwy, Bestimmungen der Bahn des Kometen V 1858 150
v. Lang, Über die Minimum-Ablenkung der Lichtstrahlen durch doppeltbrechende Prismen 155

Sitzung vom 11. November 1858.

Knochenhauer, Über den elektrischen Zustand der Nebenbatterie während ihres Stromes 163
Wöhler, Über die Bestandtheile des Meteorsteines von Kaba in Ungarn 205
Unger, Der versteinerte Wald bei Cairo und einige andere Arten verkieselten Holzes in Ägypten. (Mit 3 Tafeln.) 209
Basch, Untersuchungen über das chylopoetische und uropoetische System der *Blatta orientalis*. (Mit 5 Tafeln.) 234

Sitzung vom 18. November 1858.

Oehl, Sulla persistenza dell' aorta destra nell' uomo. (Con una tavola.) 261
Farkaš-Vukotinović, Die Plitvica-Seen in der oberen Militärgrenze in Kroatien 268
Šimerka, Lösung zweier Arten von Gleichungen 277
Hyrtl, Berichtigung über die Ala parva Ingrassiae 284

Seite

Molin, Prospectus helminthum, quae in parte secunda prodromi faunae helminthologicae Venetae continentur 287

Unger, Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte 303

Sitzung vom 2. December 1858.

Auszug aus einem Schreiben des Herrn Ludwig Jeitteles an das wirkliche Mitglied Herrn Dr. Ami Boué 357

Weiss, Über die Bahn des Kometen VIII des Jahres 1858 . . 359

Langer, Über den Gelenkbau bei den Arthrozoen 365

Grailich und *v. Lang*, Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse krystallisirter Körper. (IV. Fortsetzung.) . . 369

Sitzung vom 9. December 1858.

Wedl, Über die Bedeutung der in den Schalen von manchen Acephalen und Gasteropoden vorkommenden Canäle. (Mit 3 Tafeln.) 451

Diesing, Revision der Myzhelminthen. Abtheilung Bdellideen . 473

Schwartz v. Mohrenstern, Über die Familie der Rissoiden und insbesondere die Gattung *Rissoina* 514

Rollett, Über das Gefüge der *Substantia propria corneae*. (Mit 1 Tafel.) 516

Jäger, Das Wirbelkörpergelenk der Vögel. (Mit 1 Tafel.) . . . 527

Sitzung vom 16. December 1858.

Rochleder, Über das Vorkommen des Quercitrin als Blüthenfarbestoff 565

Hallwachs und *Šafařik*, Über Verbindungen der Erdmetalle mit organischen Radicalen 569

Hyrtl, Vorläufige Anzeige über gefässlose Herzen 572

v. Lang, Die Änderungen der Krystallaxen des Aragonites durch die Wärme gerechnet aus Rudberg's Beobachtungen . . 577

Adolph Weiss und *Edmund Weiss*, Untersuchungen über den Zusammenhang in den Änderungen der Dichten und Brechungsexponenten in Gemengen von Flüssigkeiten 589

Grailich, Über symmetrische Functionen, welche zur Darstellung gewisser physikalischer Verhältnisse krystallisirter Körper dienen können 657

Eingegangene Druckschriften.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XXXIII. BAND.

SITZUNG VOM 4. NOVEMBER 1858.

Nº 24.

SITZUNG VOM 4. NOVEMBER 1858.

Eingesendete Abhandlungen.

Beiträge zur Kenntniss der Vanadinverbindungen.

Von **Adalbert Šafařik.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 7. October 1858.)

I. Über Vanadchlorid und metallisches Vanadin.

Das bereits 1801 von Del Rio im Zimapaner Braunbleierz gefundene, aber erst 1830 von Sefström im Taberger Stabeisen wieder entdeckte und von Wöhler mit Bestimmtheit als selbstständiger Körper nachgewiesene, Vanadin gehört durch seine zahlreichen und schönen Verbindungen zu den merkwürdigsten Körpern im Bereiche der Chemie; auch ist die Zahl von Mittheilungen in Fachwerken und Journalen, die sich auf dasselbe beziehen, gar nicht unbedeutend, da meine noch immer nicht vollständige Sammlung bereits über fünfzig verschiedene Titel nachweist. Indess überzeugt man sich bald, dass sich diese Mittheilungen fast alle nur auf das Vorkommen des seltenen Stoffes beziehen, neue Quellen für dasselbe nachweisen, aber zur Kenntniss des Vanadins selber und seiner Verbindungen wenig oder nichts hinzuthun. In der That ist buchstäblich alles, was in der letzten (5.) Ausgabe von Berzelius' Lehrbuche über das Vanadin mitgetheilt wird [1]), nur aus Berzelius' grosser und erschöpfender Arbeit [2]) entnommen, und neben dieser sind nur noch zu

[1]) Lehrbuch II, 322—344 und III, 1046—1059.

[2]) Pogg. 22, 1—67.

nennen: die von Johnston[1]), welcher gleichzeitig mit und unabhängig von Berzelius aus nur 7 Grammen schottischen Vanadinbleierzes die Oxyde, das geschmolzene Metall und die Chloride darstellte und im Allgemeinen ganz richtig beschrieb; die von Fritzsche[2]), welcher aus Perm'schem Roheisen ein Pfund rohes vanadinsaures Ammoniak und daraus 70 Gramme reine Säure gewann, deren Schwefelsäureverbindungen untersuchte und beschrieb; endlich die schöne Arbeit des Herrn von Hauer[3]) über die prachtvoll krystallisirten Bivanadate der Alkalien und alkalischen Erden. Hierzu kamen erst vor Kurzem Uhrlaub's[4]) Mittheilungen über die Stickstoffverbindungen des Vanadins.

Diese geringe Anzahl von Untersuchungen über einen so interessanten und offenbar noch bei weitem nicht erschöpften Gegenstand erklärt sich einfach aus der Seltenheit des Materiales, welches zwar gegenwärtig schon an vielen Orten und in vielen Mineralien und Gesteinen aufgefunden ist, aber immer nur in so geringen Quantitäten (meist nur Zehntel-Procente), dass seine Gewinnung mühsam und kostspielig wird. Es war daher ein Glück zu nennen, dass Wöhler[5]) und Svanberg[6]) den Vanadingehalt des unreinen Uranpecherzes auffanden, eines Minerales, welches (wenigstens an einigen Orten) massenhaft vorkömmt und zugleich technisch verarbeitet wird, so dass es nur galt, eine Verarbeitungsmethode zu finden, bei der das kostbare Vanadin nicht verloren ging. Dies ist denn auch den Bemühungen Patera's zu Joachimsthal gelungen, und bereits verdanken wir dem so gewonnenen Materiale Hauer's Abhandlung. Herrn Obermedicinalrath Wöhler war durch die kaiserliche Akademie der Wissenschaften ein nicht unbedeutendes Quantum desselben Materials zur Disposition gestellt worden, welches mir derselbe mit nicht genug anzuerkennender Liberalität gänzlich zur Bearbeitung überliess, wofür ich demselben hiermit meinen wärmsten Dank sage. Die ganze Untersuchung wurde in Professor Wöhler's Laboratorium geführt.

Ich beschäftigte mich gleich vom Anfang an mit der Darstellung des metallischen Vanadins, theils weil, nach den so glänzenden

---

[1]) Schweigg. 64, 88. Edinburgh Journ. of Sc. 1831, Octob. p. 318.
[2]) Bullet. Petersb. Math. phys. 9, 196. Ann. Chem. Pharm. 78, 338.
[3]) Wien. Sitzber. Math. Cl. 21, 333.
[4]) Pogg. 1858, Jan.
[5]) Pogg. 54, 600.
[6]) Berzel. Jahresb. 22, 202 (deutsche Ausg.).

Resultaten der Wöhler'schen Untersuchungen über Aluminium, Silicium und Bor, die physicalischen Eigenschaften der einfachen Radicale erneuertes Interesse darboten, theils weil das Metall den besten Ausgangspunkt für alle anderen Verbindungen abzugeben versprach. Ich befolgte zuerst die Methode von Berzelius, Vanadinsuperchlorid mit Ammoniakgas zu sättigen und die weisse flüchtige Verbindung im Ammoniakstrome zu glühen, erhielt aber nicht den „silberweissen" oder „stahlfarbenen" hellen Metallspiegel von Berzelius, sondern einen schwach metallisch glänzenden dunkel röthlichbraunen Überzug, der durch sein blosses Aussehen lebhaft an Stickstoffscheel und Stickstoffmolybdän erinnerte, und mit Kalihydrat geschmolzen Ammoniak entwickelte, also Stickstoffvanad oder Vanadamid sein musste. Ähnliche Resultate gab das Glühen der Vanadinsäure im Ammoniakgase. Ich war mit Untersuchung der erhaltenen Producte beschäftigt, als Uhrlaub's Aufsatz erschien; natürlich verliess ich sogleich dieses Feld und wandte mich den flüchtigen Vanadinverbindungen, Vanadsuperchlorid und Vanadsuperbromid zu, die wenigstens eben so interessante Ergebnisse versprachen.

Ehe ich jedoch zu meinen eigenen Versuchen übergehe, wird es nicht unnöthig erscheinen, die Beschaffenheit des Materiales, das mir vorlag, so wie seine Verarbeitung kurz zu besprechen. Anfangs röstete Herr Patera[1]) das Uranpecherz mit Soda und Salpeter, laugte aus, fällte aus der Lauge erst durch Magnesiasalze die Arsensäure, dann durch Salmiak die Vanadinsäure. Später jedoch[2]) fand er es leichter den Auszug der Röste schwach mit Salzsäure anzusäuern, mit Gallusdecoct zu mischen und durch Neutralisiren mit Soda unreines gerbsaures Vanadinoxyd zu fällen. Eine Portion meines Materials bestand aus glänzend schwarzen amorphen Fragmenten, die viel Wasser und organische Substanz enthielten; offenbar jener gerbsaure Niederschlag, blos getrocknet. Eine andere Portion bestand aus harten graublauen Klumpen, theils dunkel, theils licht und noch kohlehaltig; die vorige Substanz im geglühten Zustande. Eine dritte Portion, als unreines vanadinsaures Natron bezeichnet, war ein graugelbes Pulver, welches nach dem Schmelzen mit Soda und

---

[1]) Wien. Akad. Sitzber. Math. Cl. 20, 37.

[2]) Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1856, Nr. 31. Kopp, Jahresber. 1856, 377 und 380.

Salpeter in Menge fast unvermindert erschien, und alsdann nur kohlensauren Kalk, Thonerde und Eisenoxyd enthielt, also ursprünglich wohl unreiner vanadinsaurer Kalk.

Alle drei Portionen wurden auf dieselbe Weise bearbeitet. Die Substanz wurde mit ihrem eigenen Gewichte eines Gemenges aus gleichen Theilen salpetersauren und kohlensauren Natrons gemischt, portionenweise in einen rothglühenden Eisentiegel eingetragen, bis zum Schmelzen erhitzt, ausgegossen, zerschlagen und mit Wasser bis zur Lösung gekocht. Der dunkelbraune Bodensatz enthielt Eisen, Mangan, Kupfer, Thon, Kalk; die Lösung arsensaures, molybdänsaures, scheelsaures und vanadinsaures Natron; sie wurde stark eingeengt und mit Salmiak (in Stücken) gesättigt. Nach einigen Tagen war das vanadinsaure Ammoniak möglichst vollständig gefällt; es wurde decantirt, mit Salmiaklösung und Alkohol gewaschen, getrocknet und geröstet. Hiebei ergab sich immer, dass bei kleinen Mengen von Rohlauge, deren Fällung denn auch bald beendet war, das vanadinsaure Ammoniak rein weiss ausfiel und geglüht leicht schmelzbare schön krystallisch erstarrende Vanadinsäure lieferte, während bei der Fällung grösserer Quantitäten das Salz gelblich ausfiel und beim Rösten nicht ein rothes, sondern ein braunes unschmelzbares Pulver gab. Die Ursache fand sich in der Scheelsäure, welche anfangs leicht lösliches neutrales Ammoniaksalz bildet, das dann in das schwer lösliche, saure Salz ($3AmO.7WO_3$ Lotz) übergeht, welches an sich schwer löslich, in Salmiaklösung noch schwerer sich löst und somit dem Niederschlage sich beimengt. Das leichtlösliche molybdänsaure Ammoniak wird durch Salmiak nicht gefällt und bleibt somit in der Mutterlauge. Diese enthält noch vanadinsaures Ammoniak, welches durch Salmiak nicht vollständig fällbar ist, ferner scheelsaures und molybdänsaures Ammoniak: sie wird einfach zum Trocknen gebracht und im verschlossenen Tiegel bis zum Verdampfen des Salmiaks geglüht. Beim Auslaugen behält man alles Molybdän, Scheel und Vanad als graues Pulver, Gemische von Oxyden und Nitreten. Ich erhielt aus meinen Materialien wenigstens doppelt so viel Scheel- und Molybdänsäure als Vanadsäure. Zur Reinigung der rohen Vanadsäure fand ich zwei Mittel, entweder Extraction derselben durch kaustisches Ammoniak und erneuerte Fällung dieser Lösung durch Salmiak, wobei ein blendend weisses ganz krystallinisches Ammonium-Vanadat resultirte, oder aber wiederholte anhaltende Digestion der-

selben mit (wenig) verdünnter Schwefelsäure bei Siedehitze, so lange die Schwefelsäure noch gefärbt wurde. Hiebei entstand eine schön rothbraune Lösung von schwefelsaurer Vanadinsäure ($VO_3 . 3SO_3$ Berzelius, Fritzsche), und es blieb nur ein Gemenge von Scheelsäure und Scheeloxyd. Die Lösungen konnten unmittelbar zur Trockne verdampft und geglüht werden; ich zog es vor sie durch Oxalsäure in schwefelsaures Vanadoxyd zu verwandeln, bis zum beginnenden Verdampfen der freien Schwefelsäure einzuengen, abzukühlen, den blaugrünen Krystallbrei von schwefelsaurem Vanadoxyd abzupressen, mit Alkohol zu waschen und zu glühen. (Die Scheidung des Vanads vom Scheel auf diese Weise gelingt ganz scharf und ist vielleicht selbst quantitativ ausführbar.) Aus der Mutterlauge des schwefelsauren Salzes fällt man durch Alkalien Vanadoxyd und verwandelt dieses durch Glühen mit Salpetersäure ebenfalls in Vanadinsäure. Ich erhielt so im Ganzen etwa 30 Gramme reine Säure, mit denen ich meine Versuche gemacht habe. Später gewann ich durch Zersetzung von Vanadinsuperchlorid mit Wasser eine noch reinere Säure, die geschmolzen in strahligen Krystallnadeln von 30—40^{mm} Länge und 2—3^{mm} Breite anschoss, aber dennoch keine bestimmbaren Krystalle lieferte. Die nirgend genau beschriebenen Farben der Vanadinsäure ähneln ausserordentlich denen des krokonsauren Kupferoxydes; nur ist die braune Körperfarbe mehr rothbraun, und — so wie die metallisch-demantglänzende blaue Oberflächenfarbe — viel tiefer als beim Krokonate. Das Pulver ist schmutzig rostfarben (okergelb); dagegen erhält man durch Eindampfen salpetersaurer Vanadinoxydlösungen ein intensiv ziegelrothes Pulver, vielleicht amorphe Säure.

Ich konnte die Gelegenheit nicht vorbeigehen lassen, die noch unbekannte Dichte und das Atomvolum der Vanadinsäure zu bestimmen: ich fand sie bei zwei Versuchen (mit 2·7 und 1·4 Grammen) resp. 3·472 und 3·510 bei +20° C. im Mittel also 3·491. Die Säure aus reinem Superchlorid bereitet und prachtvoll krystallisirt, wurde fein gerieben und im Pyknometer ausgekocht. Da das Vanad in den meisten seiner chemischen Verhältnisse als ein Mittelglied zwischen Scheel und Molybdän erscheint, so war vorauszusetzen, dass die drei homologen Säuren dieser Gruppe dasselbe Atomvolum haben würden.

Nun besitzt die Scheelsäure nach Karsten das Atomvolum $\frac{116}{7·14} = 16·2$. Für die Dichte der Molybdänsäure ist mir nur die uralte

Angabe von Bergmann (3·46) bekannt, die offenbar viel zu niedrig ist, da sie das Atomvolum $= \frac{70}{3 \cdot 46} = 20 \cdot 3$ macht. Ich unternahm daher mit sehr schön krystallisirter und fein geriebener Säure zwei Bestimmungen, welche die Zahlen 4·423 und 4·370 bei +20° C. ergaben. Letztere Zahl ist genauer und gibt das Atomvolum $\frac{70}{4 \cdot 37} = 16 \cdot 0$, also eine gute Übereinstimmung mit der Scheelsäure. Dagegen ergibt die oben gefundene Dichte der Vanadinsäure ihr Atomvolum zu $\frac{92 \cdot 5}{3 \cdot 491} = 26 \cdot 5$, also gänzlich abweichend. Nun aber stimmt diese Zahl genau mit dem Atomvolumen der dreiatomigen Sauerstoffverbindungen der Arsenreihe, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Arsenige Säure	AsO_3	Dichte: 3·72—3·70 Karsten	Atomvolum: 26·6—26·7
Antimonoxyd	SbO_3	5·56 Mohs	25·9
Wismuthoxyd	BiO_3	8·174 Karsten, 8·97 Boullay	28·4—25·9

Wir haben also das merkwürdige Factum, dass das specifische Volum der Vanadinsäure (auch das des Metalles, wie später gezeigt wird) die Vanadverbindungen anderswohin versetzt, als die sonstigen Analogien (namentlich der Formeltypus der Verbindungen), nämlich aus der Scheelgruppe in die Arsengruppe. Dieser Umstand gewinnt an Interesse dadurch, dass das Vanadinbleierz $PbCl + 3\dot{P}b_3\ddot{V}$ mit den analogen Salzen der fünfatomigen Säuren der Arsenreihe (Apatit $CaCl + 3\dot{C}a_3\ddot{P}$, Kampylit $PbCl + 3\dot{P}b_3\ddot{A}s$ und Pyromorphit $PbCl + 3\dot{P}b_3\ddot{P}$) isomorph ist. Bekanntlich hat Kenngott[1]) daraus, so wie aus dem 3·21 pCt. betragenden Verluste in Rammelsberg's Analyse des Obirer Vanadinites[2]) den Schluss gezogen, dass in diesem Minerale eine Übervanadinsäure VO_5 angenommen werden müsse; aber, abgesehen davon, dass Isomorphismus und analoge Constitution gar nicht nothwendig zusammenhängen, wie ja Kalkspath und Natronsalpeter, Arragonit und Kalisalpeter, übermangansaurer Baryt und Glaubersalz u. m. a. beweisen, abgesehen davon, dass der erwähnte Verlust in Rammelsberg's eigener Bemerkung[3]) seine

[1]) Pogg. 99, 95.

[2]) Pogg. 98, 249.

[3]) L. c. p. 254. Note. Rammelsberg versuchte zuerst das Vanadin als Oxyd zu fällen, und dieses durch Erhitzen mit salpetersaurem Ammon in Vanadsäure zu verwandeln, „wobei aber in Folge der heftigen Gasentwicklung ein Theil der Substanz mechanisch fortgerissen wurde und so einen Verlust erzeugte." R. musste dann mit Salpeter schmelzen, in Wasser lösen und die Vanadsäure durch Salmiak als Ammonsalz fällen, was nie vollständig geschieht.

vollkommene Erklärung findet, bieten die merkwürdigen Brieglebschen [1]) Doppelsalze, $NaF + PO_5, 3NaO + 24HO$ und $NaF + AsO_5. 3NaO + 24HO$, welche mit Alaun $NaO.SO_3 + Al_2O_3.3SO_3 + 24HO$ isomorph sind, eine Erscheinung, die schlagend auf unsern Fall passt, nämlich Isomorphismus von Sulfaten (3atomige Säure) und Phosphaten (5atomige Säure). Auch bietet das Atomvolum der Vanadsäure eine näher liegende Erklärung: Das Atomvolum der wasserfreien Arsensäure ist nach Karsten $\frac{115}{3 \cdot 734} = 30 \cdot 8$, eine Zahl, die vom Atomvolum der arsenigen Säure und Vanadsäure (26·5—26·7) nicht mehr abweicht, als auch sonst die Atomvolumina entschieden zusammengehöriger Stoffe differiren; und da der Isomorphismus des Vanadinbleierzes mit den genannten Mineralien eigentlich blosser Homöomorphismus ist [2]), so darf man auch keine Gleichheit ihrer Atomvolumen weder im Ganzen noch in den Bestandtheilen erwarten. Entschieden gibt das nahe Zusammenfallen der Atomvolume von Vanadsäure und Arsensäure, verbunden mit dem Factum der Brieglebschen Salze, wie misslich auch noch bei starren Körpern der Schluss von dem specifischen Volumen der Bestandtheile auf die des Ganzen sein mag, immer eine einfachere und mit den Thatsachen mehr harmonirende Erklärung der Isomorphie von Vanadinit mit der Apatitgruppe als die Annahme Kenngott's.

Die Darstellung des Vanadinsuperchlorides aus der Säure, welche dazu nicht ganz rein zu sein braucht, ist eine ziemlich einfache und leichte Operation. Die möglichst fein geriebene und mit ihrem Gewichte an Kienruss gemengte Säure wird in einem Rohr aus hartem Glase zuerst in trockenem Wasserstoffgas geglüht, hierauf der Wasserstoff durch Kohlensäure vertrieben, und endlich bei dunkler Rothgluth trockenes Chlorgas durchgeleitet; das Superchlorid entsteht mit der grössten Leichtigkeit und condensirt sich im kälteren Ende des Rohres. Dieses ist in eine Spitze ausgezogen, die durch einen Kork mit einem in Wasser, besser in Schnee oder Eis, gekühlten U-Rohre verbunden ist; um nichts von der im Gasstrome äusserst

---

[1]) Ann. Ch. Pharm. 98, 95—119.

[2]) Rammelsberg l. c. Schabus. Pogg. 100, 297. Grundkantenwinkel der Bipyramide beim Vanadinit 142° 30′ Ramm. 143° 0′ Schabus; Atomvolum 20·6 Ramm.

Kampylit	142° 7′ G. Rose	20·7
Pyromorphit	142° 15′ G. Rose	19·2
Apatit	142° 16′ — 25′ G. Rose	158—164

flüchtigen Substanz zu verlieren, leitet man die entweichenden Dämpfe in Wasser oder verdünntes Ammoniak. Rasch füllt sich das U-Rohr mit einem Liquidum, welches in Folge unvermeidlicher Spuren von Feuchtigkeit durch ausgeschiedene amorphe Vanadinsäure fast blutroth erscheint und an der Luft heftig raucht. Berzelius vertrieb das absorbirte Chlor durch einen Luftstrom; ich fand Rectification bequemer, und zwar destillirte ich das Rohproduct (aus dem Ölbade) durch eine haarförmig ausgezogene Knieröhre unmittelbar in stark gekühlte Glasröhren, die sofort zugeschmolzen wurden. Bequem ist die Darstellung durch gelindes Erhitzen von Vanadinoxydul (VO) im Chlorgase, wobei es sich in reine geschmolzene Vanadsäure und in Superchlorid spaltet: $3VO + 6Cl = VO3 + 2VCl3$. Ich habe das Chlorid auch auf diese Weise dargestellt und durch Analyse seine Identität mit dem aus Vanadinoxydul und Kohle dargestellten nachgewiesen; denn nach den verwickelten Verhältnissen der Scheel- und Molybdänoxychloride wäre es fast natürlich gewesen, in dem auf zweite Art bereiteten Superchloride ein Oxychlorid zu suchen.

Das Vanadinsuperchlorid ist ein klares äusserst agiles goldgelbes Liquidum, das an der Luft heftig raucht und dicke zinnoberrothe Wolken von amorpher Vanadinsäure verbreitet; mit wenig Wasser gemischt, wird es dicklich und blutroth, beim Erhitzen schön blau, durch Bildung von Chlorid VCl_2; mit viel Wasser gibt es eine klare blassgelbe Lösung, die beim Eindampfen, ohne blau zu werden, rothe pulverige Vanadinsäure zurücklässt. Sein Siedepunkt liegt bei $+ 127°0$; ich bestimmte denselben mit 10 Grammen reiner umdestillirter Substanz. Die Thermometerkugel reichte halb in die Flüssigkeit und das Quecksilber stand während des lebhaften Siedens bis zum letzten Tropfen fest auf $125°5$; die Correction für den Quecksilberfaden war $1°54$ ($T = 125°5$ $t = 30°$; $N = 105°5$ nach Kopp's Bezeichnung). Im Ölbade hatte ich früher den Siedepunkt trotz aller Vorsicht um fast 10° zu hoch gefunden. Der Dampf des Superchlorides ist rein und intensiv gelb wie der des Chlors. Die Dichte des Vanadinsuperchlorides ergab sich bei zwei Versuchen (mit 6·6 und 6·1 Grammen Substanz) resp. zu 1·763 und 1·765 bei $+ 20°$C. im Mittel $= 1·764$; daraus folgt das Atomvolum zu $\frac{175}{1·764} = 99·2$. Mit den homologen Superchloriden des Scheels und Molybdäns ist kein Vergleich möglich, da dieselben fehlen, wohl aber mit den dreiato-

migen Chloriden der Arsengruppe. Allerdings wissen wir durch Kopp's classische Untersuchungen, dass die Atomvolumina von Flüssigkeiten nur bei ihren Siedepunkten streng vergleichbar sind, und an einer Untersuchung über die Ausdehnung des Vanadinsuperchlorids durch die Wärme, um daraus das Atomvolum beim Siedepunkte zu berechnen, fehlt es leider; indess reicht ein Blick auf Kopp's letzte Übersichtstafel [1]) hin, ein merkwürdiges Verhältniss erkennen zu lassen, welches uns diese Lücke auszufüllen erlaubt, dass nämlich die flüssigen flüchtigen Chloride einfacher Radicale von annähernd gleichen Siedepunkten sich ohne Rücksicht auf ihre moleculare Zusammensetzung in gleichen Temperaturintervallen (von 0° bis zum Siedepunkte) fast gleich viel ausdehnen. Die Zahlen mögen sprechen:

Schwefelchlorür	S_2Cl	Siedepunkte:	144° Kopp
Zinnchlorid	$SnCl_2$		115° Pierre
Titanchlorid	$TiCl_2$		136° „
Arsenchlorür	$AsCl_3$		134° „
Antimonchlorür	$SbCl_3$		223° Kopp

Ausdehnung von 0°—144° = 0·159 (des Volums bei 0°)
„ „ 0°—115° = 0·154 „ „ „ „
„ „ 0°—136° = 0·155 „ „ „ „
„ „ 0°—134° = 0·152 „ „ „ „
„ „ 73°—223° = 0·144 „ „ „ 73°

Es wird daher erlaubt sein, die Dichte des Vanadinsuperchlorids durch die Ausdehnung des Arsenchlorürs auf 0° und auf 127° zu reduciren; sie wird dann bei 0° = 1·799 und bei + 127° = 1·573, und damit das Atomvolum des Vanadinsuperchlorids bei seinem Siedepunkte $= \frac{175}{1{\cdot}573} = 111{\cdot}2$. Stellen wir damit die Atomvolumen der Chlorüre der Arsengruppe bei ihren Siedepunkten nach Kopp [2]) zusammen, so haben wir:

für PCl_3 = 93·9
„ $AsCl_3$ = 94·8
„ $SbCl_3$ = 97·7 (wenn Sb = 122)
„ VCl_3 = 111·2

demnach allerdings das Atomvolum des Vanadinsuperchlorids auch noch von dem höchsten der Gruppe, dem des Antimonchlorürs, zu sehr abweichend, um eine Zusammengehörigkeit annehmen zu können; indess beträgt die Differenz nur 0·14 des Ganzen, und ein Steigen

[1]) Ann. Ch. Phar. 96. 304.
[2]) L. c. p. 317—319.

des Atomvolums mit dem Atomgewichte ist auch in andern Reihen unverkennbar[1]), so dass auch beim Vanadinsuperchloride eine Annäherung an den molecularen Charakter der Arsenreihe unverkennbar ist.

Eine nicht weniger interessante Zahl als das Atomvolum war die Dampfdichte des Vanadinsuperchlorides; ich bestimmte dieselbe nach der Dumas'schen Methode, da mir der Gaylussac-Natansonsche Apparat nicht zu Gebote stand; um aber die kostbare Substanz nicht zu verlieren, ging ich folgendermassen zu Werke. Das Chlorid wurde durch einen Haarröhrchentrichter möglichst rasch in den scharf getrockneten Ballon gebracht, dessen Hals schon knieförmig (im scharfen Winkel) gebogen, aber nicht zu einer scharfen Spitze ausgezogen war; die Knieröhre wurde hierauf durch einen Kork mit einem gutgekühlten U-Rohre verbunden und so tief als möglich (den Ballon nach unten) in ein Ölbad gesenkt, das langsam bis zur bestimmten Temperatur gebracht wurde; nachdem diese längere Zeit constant geblieben war, wurde der horizontale Arm der Knieröhre mit dem Löthrohre durchgeschmolzen. Nun wog ich den Ballon mit Dampf, nach dem Öffnen, Reinigen und Trocknen leer. Die Data sind folgende:

Gewicht des Ballons mit Dampf	= 22·435
„ „ „ „ Luft	= 21·875
Temperatur des Bades beim Zuschmelzen	= +247°
Barometerstand beim Zuschmelzen	= 748 Millim.
„ „ „ Wägen	= 744½ „
Temperatur „ „	= + 19°
Volum des Ballons	= 184·8 CC.
Rückständige Luft	= 2·0 „

Daraus ergibt sich die Dampfdichte $= 6{\cdot}41$ und da $\frac{175}{6{\cdot}41} = 27{\cdot}3$, so folgt nach der so einfachen Kopp'schen Regel, dass ein Atom Vanadinsuperchlorid in Dampfgestalt vier Volumina erfüllt. Berechnet man darnach die Dampfdichte theoretisch, so erhält man $\frac{175}{28{\cdot}88} = 6{\cdot}06$, eine Abweichung von der Beobachtung, die einestheils unerheblich ist, da ja hier nur zwischen 1, 2 und 4 Volumen zu entscheiden war, anderentheils ganz nach der Seite liegt, wo ich sie erwarten musste,

[1]) Man vergleiche in der Zinnreihe:

$CCl^2 = 53{\cdot}5$ Riche.
$SiCl^2 = 61{\cdot}1$ Pierre.
$TiCl^2 = 63{\cdot}0$ „
$SnCl^2 = 65{\cdot}7$ „

weil dort wo die Knieröhre des Ballons in der Klammer lag, etwas flüssiges Chlorid sich condensirte und auf keine Weise zu vertreiben war. Auch dieses Resultat ist insoferne interessant, als es die Regel bestätigt, dass alle flüchtigen Trichloride unorganischer Radicale vier Volumen Dampf geben (die Regel trifft zu bei BCl_3, PCl_3, PO_3Cl_3, $AsCl_3$, $BiCl_3$, VCl_3 — ebenso bei den entsprechenden Bromiden und Fluoriden, während die Bichloride, bei der bisherigen Schreibung der Formeln, ebenso wie die Mono- und Sesquichloride zwei Volumina mit ihrem Dampf erfüllen: $SiCl_4$, $TiCl_4$, $SnCl_4$, $ZrCl_4$; S_2Cl_2, CrO_2Cl_2, $HgCl$; Al_2Cl_6, Fe_2Cl_6). Diese allerdings empirische Regel dürfte es erlauben, Körpern von zweifelhafter Angehörigkeit ihren richtigen Platz in der oder jener Reihe anzuweisen. Man denke, z. B. an die Frage, ob Tantal und Niob zweiatomige Radicale seien (H. Rose) oder dreiatomige (Berzelius) oder anderthalbatomige (Hermann), mit andern Worten ob sie zur Zinn- oder zur Scheelgruppe gehören. Das Atomvolum der Metallsäuren der Zinnreihe ist 10—11, wie folgende Zahlen zeigen:

SiO_2 = 11·3 Dumas.
TiO_2 = 9·8—9·6 Mohs (Rutil).
SnO_2 = 11·3 Berzelius.
TaO_2 = 11·0 H. Rose (im Porzellanofen geglüht, wenn Ta = 69).
NbO_2 = 14·1 derselbe (ebenso; für Nb = 49).

Setzte man Ta = 103 und Tantalsäure = TaO_2, so würde das Atomvolum = 16·7 sehr stimmend mit dem der Scheel- und Molybdänsäure (16·0—16·2). Allerdings stimmen alle Verbindungen des Tantals zu sehr für seine zweiatomige Natur, um einen Zweifel zuzulassen; dagegen ist die Abweichung des Niobs einem Zweifel in dieser Richtung wenigstens nicht ungünstig. Gewiss wäre eine Dampfdichtebestimmung des Tantalchlorides sowie beider Niobchloride, nicht weniger auch die Bestimmung ihrer Atomvolume, von hohem Interesse, auch wohl kaum sehr schwierig.

Da die Analyse des Vanadinsuperchlorides von Berzelius einen Chlorverlust von 3 Percent ergibt und die Möglichkeit von Oxychloriden nicht ausgeschlossen war, so analysirte ich meine Chloride durch Lösen einer im Glaskügelchen gewogenen Portion in Wasser, Ansäuern mit Salpetersäure, und Fällen des Chlors als Chlorsilber. Eine besondere Portion, in Wasser gelöst, verdampft und geglüht, gab das Vanadin (als Säure).

0·460 Grm. VCl_3 gaben 1·144 Grm. AgCl = 0·283 Grm. Cl = 61·52 pC. Cl.
1·2745 „ VCl_3 „ 3·159 „ AgCl = 0·7815 „ Cl = 61·32 „ Cl.
0·3655 „ VCl_3 „ 0·192 „ VO_3 = 0·1422 „ V = 38·90 „ V.

Berechnet:		Gefunden:		
V = 68·5	39·14	38·90	—	—
Cl_3 = 106·5	60·86	—	61·52	61·32
VCl_3 = 175·0	100·00			

Bei den mancherlei Analogien mit Chrom einer- und mit Scheel so wie mit Molybdän anderseits, war es geboten, die Darstellung eines Vanadinoxychlorids zu versuchen. Die Methode, die beim Chrom so rasch zum Ziele führt, Destillation eines zusammengeschmolzenen Gemenges von Natriumbivanadat und Kochsalz mit rauchender Schwefelsäure, gab nichts: das Gemisch wurde braun, gab Spuren von Superchloriddampf, färbte sich aber bald grün und enthielt dann nur Vanadinoxydsalz. Ebenso gibt das Erhitzen von Vanadinoxyden im Chlorgas nur Superchlorid, während beim Scheel und Molybdän dadurch zahlreiche Oxychloride entstehen. Existirt in der That kein Vanadinoxychlorid, so ist dies eine Analogie mehr mit der Arsengruppe.

Das Vanadinsuperbromid (VBr_3) entsteht ganz wie das Superchlorid; es ist fest, sehr zerfliesslich, leichtflüchtig, scheint vor dem Schmelzen zu verdampfen, und sublimirt in prachtvollen langen kaum durchsichtigen Nadeln von tiefgrünbrauner Körperfarbe und metallischdemantartigem blauem Flächenschiller. Die nähere Untersuchung desselben soll den Gegenstand einer nächsten Mittheilung bilden.

Hier will ich nur noch die Versuche besprechen, die ich gemacht habe, das metallische Vanadin darzustellen. Ich versuchte zuerst die Reduction der Vanadinsäure im Wasserstoffstrome. Zwar sagt Berzelius (Lehrbuch II, 336): „Von Wasserstoffgas wird das Suboxyd [VO] nicht bei der höchsten Temperatur zersetzt, bis zu welcher man eine Porcellanröhre in einem kleinen Windofen erhitzen kann"; allein ich nahm einen Flintenlauf, und glühte Vanadinsäure in groben Stücken auf Porzellanschiffchen zwei Stunden lang bei der heftigsten Hitze eines Zugofens mit hohem Schornsteine. Die Säure war zum grössten Theile rein schwarz und erdig, d. h. zu VO geworden; zum Theile zeigten sich Übergänge aus dem schwarzen erdigen Oxydule in eine graue Masse, die viel Ähnlichkeit mit Platinschwamm hatte; endlich ein kleiner Theil war rein und licht grau, ziemlich hart, innen hohl und unter 25maliger Vergrösserung prächtig kry-

stallinisch, ganz wie eine Probe durch Wasserstoff reducirten Scheels, nur mehr bräunlich. 0·221 Gramme rein schwarzer Masse wurden durch Verwandlung in Vanadinsäure (wiederholtes Befeuchten mit Salpetersäure und Glühen) zu 0·272 Grammen, nahmen also um 23·1 pCt zu, während 100 Theile reines Oxydul nur 120·9 Theile Vanadinsäure geben, waren also ein Gemische von 6 pCt. Metall und 94% Oxydul. Eine Probe der schwarzgrauen Masse nahm durch vollständige Oxydation von 0·701 auf 0·871 Gramme zu, also um 24·2 pCt., was einem Gemenge von 24 pCt. Metall und 76 Oxydul entspricht. Die dritte Probe, von der rein grauen Substanz, welche offenbar nur Metall war, verunglückte leider bei der Analyse. Jedenfalls betrachte ich es als sicher, dass die Vanadinsäure durch Wasserstoffgas bei Windofenhitze zu Metall reducirt wird.

Die Reduction der Vanadinsäure durch Kohle bei sehr starker Hitze gibt zwar auch Metall, aber meist nur als graues Pulver; doch erhielt Johnston durch Glühen von Oxyd in Stücken, eingestampft im Kohlenpulver und Öl, bei heftiger Gebläsehitze ein sprödes glänzendes und äusserst hartes Metallkorn von Wismuthfarbe, unmagnetisch, aber Elektricität leitend. Ich habe diesen Versuch noch nicht gemacht, werde ihn aber nicht verabsäumen, wenn auch so nur Carburet erhalten werden kann. Fand ja doch Debray in so bereitetem Molybdänmetall 4 Percent Kohlenstoff. Auch die Reduction der Vanadsäure durch Natrium liefert (wie schon Berzelius fand), das Metall als ein schweres schwarzes schimmerndes Metallpulver, das aber noch Oxydul enthalten dürfte; denn das von mir dargestellte verbrennt im Bromdampfe nur zum kleineren Theile.

Am leichtesten gelingt die Reduction des Vanadins nach der Methode, die von Uslar[1]) zur Darstellung von Scheel und Molybdän anwandte, d. h. beim Durchleiten von trocknem Wasserstoff, der mit dem Dampfe von Vanadinsuperchlorid beladen ist, durch roth glühende Glasröhren. Ich brachte 10 Gramme Superchlorid in eine U-Röhre, die auf einem Drathroste lag, und deren Schnabel durch einen Kork in eine Röhre von hartem Glase mündete, welche, von Blechrinnen umhüllt, in einem Liebig'schen Verbrennungsofen rothglühend erhalten wurde. Ein

[1]) Ann. Ch. Pharm. 94, 256.

rascher Wasserstoffstrom durchstrich den Apparat und nahm die Dämpfe des Superchlorides mit sich, deren Entwicklung durch ein paar Kohlen regiert werden konnte. Der entweichende Chlorwasserstoff und der überschüssige Superchloriddampf wurden in Wasser geleitet. Dieses war nach beendeter Operation grün, und in ihm schwamm eine Menge äusserst leichter glimmerartiger schön braunrother Schuppen von starkem Glanze, die abfiltrirt und rasch getrocknet an der Luft doch bald zu einer dunkelgrünen Masse zerflossen. Das Rohr selbst war fast seiner ganzen Länge nach ausgekleidet mit einer tief eisengrauen bräunlich metallglänzenden am Glase spiegelnden innen krystallinischen Kruste, die nur stückweise vom Glase abzulösen ging, weil dieses unter ihr zum Theile selbst krystallinisch und rauh geworden war. Nur der hinterste Theil des Rohres, der am wenigsten Hitze gelitten hatte, war mit einer weissen krystallinischen fettglänzenden und durchscheinenden Rinde überzogen, die nach längerem Liegen an der Luft zu einer blauen Flüssigkeit zerfloss. Dagegen war das ganze Rohr namentlich in seiner weniger heissen Hälfte erfüllt, fast verstopft von einem lockern Haufwerke, das theils aus grossen glänzend schwarzen Krystallblättern bestand, theils und hauptsächlich aus einem dunkelgraubraunen schwach metallisch schimmernden Pulver, welches letztere sparsam jene grossen braunrothen Schuppen eingestreut enthielt. Sowohl das lockere Pulver als die dunkle Rinde sind metallisches Vanadin. Die Rinde zerfällt beim Abnehmen grösstentheils zu Pulver, welches dann der pulverig abgelagerten Masse ganz gleich sieht; beide wurden mit Wasser ausgekocht, um etwaige Spuren löslicher Chloride auszuziehen; doch nur das pulverig abgelagerte Metall gab dem Wasser eine grüne Färbung (wohl durch Lösung jener eingemengten rothen Blättchen, die vielleicht VCl sind, so wie jene weisse blau zerfliessende Substanz VCl_2). Beide Substanzen bilden nach dem Auskochen ein im Wasser rasch zu Boden sinkendes Krystallpulver von lebhaftem Metallglanz und schön dunkelbrauner Farbe, laufen, bei Luftzutritt erhitzt, zuerst blau an, verglimmen dann zu Oxydul und zerfliessen langsam zu reiner Vanadsäure. Merkwürdig ist die Lebhaftigkeit, mit welcher dieses Metall von Salpetersäure angegriffen wird: setzt man zu heissem Wasser, in welchem das Metallpulver liegt, nur wenige Tropfen Salpetersäure, so beginnt alsbald eine lebhafte Gasentwick-

lung, und in wenigen Minuten ist das Metall ganz zu schön blauem salpetersaurem Vanadinoxyde gelöst. Auch das durch Wasserstoff reducirte Metall, ebenso (nach Johnston) das im Kohlentiegel geschmolzene, werden durch Salpetersäure stürmisch gelöst, während Scheel und Molybdän, sowohl die durch Wasserstoff[1]) als die durch Kohle reducirten, den stärksten Säuren widerstehen. 1·82 Gramme pulveriges Metall (aus VCl_3 durch H reducirt) gaben nach der Oxydation durch concentrirte Salpetersäure (die explosionsartig vor sich ging) 2·43 Gramme reine geschmolzene Vanadsäure, also eine Gewichtszunahme von 33·5 Percent, während reines Metall 35·0 Percent erfordert. Die Dichte des krystallinisch-pulverigen Metalles fand ich (allerdings mit nicht ganz 0·5 Grammen) bei +20° C. = 3·64. Daraus ergibt sich das Atomvolum zu $\frac{68·5}{3·64}$ = 18·8 also nahe so gross wie das Mittel aus den Atomvolumen der Arsengruppe (P = 16·8; As = 13·3; Sb = 17·9; Bi = 21·9), welches 17·8 beträgt und eine Dichte des Vanadins von $\frac{68·5}{17·8}$ = 3·84 fordert, nahe genug der gefundenen Zahl, wenn man die Unsicherheit der letzteren bedenkt (etwa ± 0·1). Gross ist dagegen die Abweichung vom Atomvolum des Scheels und Molybdäns, welche für beide im Mittel 5·3 beträgt (Molybdän $\frac{46}{8·62}$ = 5·34 Buchholz; Scheel $\frac{92}{17·5}$ = 5·26 im Mittel aller Angaben), so dass also auch hier die grosse Abweichung des Vanadins von seinen ihm bisher zugewiesenen Nachbarn, so wie dagegen die Übereinstimmung mit der Arsengruppe auffällt; denn mit dem Atomvolum 5·3 müsste es die Dichtigkeit $\frac{68·5}{5·3}$ = 12·93 haben und wie das Scheel zu den schwersten Metallen gehören, während es in der That eins der leichtesten ist. Dass übrigens obige Zahl für die Dichtigkeit des metallischen Vanadins nicht erheblich unrichtig sein kann, ergibt sich aus folgender Betrachtung: bei den Monoxyden der meisten schweren Metalle ist nach Kopp das Atomvolum des Oxydes gleich dem des Metalles + 2·6; ebenso ist das Atomvolum des Antimonoxydes = dem des Antimons + 3 Mal 2·5; das des Wismuthoxydes (nach Karsten) = dem des Wismuthes + 3 Mal 2·4. Nehmen wir dieses Verhältniss auch bei der Vanadinsäure an, so haben wir V = 26·5 — 3(2·6) = 18·7 eine Zahl die mit der gefundenen (18·8) genau zusammenfällt.

[1]) Wöhler, Ann. Ch. Ph. 94, 257.

Der Musculus transversus colli *des Menschen.*

Von **Dr. Hubert Luschka,**
Professor der Anatomie zu Tübingen.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt von Herrn Regierungsrath Hyrtl.)

Durch vielfache, alle ihre Bestandtheile umfassende Zergliederungen der unteren mittleren Region des Halses wurde meine Aufmerksamkeit auf das ausnahmsweise Vorkommen eines Muskels gelenkt, welcher sich, wie es scheint, der Beobachtung bisher gänzlich entzogen hatte. Obschon dieser Gegenstand zur Zeit wenig geeignet ist, ein praktisches Interesse in Anspruch zu nehmen, so verdient derselbe doch wohl zur Kenntniss derjenigen gebracht zu werden, denen ein tieferes Verständniss für morphologische Forschung innewohnt, da er zu einer vergleichenden Betrachtung ohne Zweifel sehr merkwürdige Anhaltspunkte gewährt. Es lässt sich nämlich leicht erkennen, dass der in Rede stehende Muskel am Halse eine Wiederholung derjenigen Formation darstellt, welche am Bauche den *Musc. transversus*, und an der Brust den *Musc. triangularis sterni* ausmacht. Im höchsten Grade wahrscheinlich ist es ausserdem, dass diese am menschlichen Organismus verhältnissmässig selten und nur im kleinen Massstabe auftretende Bildung, da oder dort im Wirbelthierreiche, worüber ich leider nichts zu berichten vermag, zu einer ständigen und relativ mächtigen Ausprägung gediehen sein dürfte.

Der quere Halsmuskel hat eine sehr gebogene Lage, welche nebst seiner Kleinheit wohl die Ursache ist, warum er die Aufmerksamkeit so lange nicht auf sich gezogen hat. Er befindet sich zwischen dem unteren Ende des *Musc. sterno-hyoideus* und *sterno-thyreoideus* und ist in wechselndem Grade der Ausbildung bald nur auf einer, bald in mehr oder weniger gleicher Art auf beiden Seiten vorhanden.

Um eine genügende Vorstellung von der unzweifelhaften Eigenthümlichkeit und Selbstständigkeit dieses Muskels zu gewinnen,

dürfen wir es nicht unterlassen, das Augenmerk zunächst auf die beiden ihn zwischen sich fassenden Muskeln mit Rücksicht darauf zu richten, ob er nicht vielleicht für ein anomales Bündel eines derselben erklärt werden könnte. Der *Musc. sterno-hyoideus* zeigt nach meinen bisherigen Erfahrungen nur in Betreff der Stellen seines Ursprunges bemerkenswerthe Abweichungen. Als die Regel fand ich es, dass er mit dem grössten Theile seiner Faserung unmittelbar unter dem hinteren Rande der *Incisura clavicularis* vom Handgriffe des Brustbeines, zum kleineren Theile am inneren Ende des oberen Randes vom Knorpel der ersten Rippe entspringt. Als eine selten vorkommende Ausnahme muss es betrachtet werden, wenn er ausschliesslich an den hinteren Umfang des Sternalendes der Clavicula angeheftet ist. Niemals zeigte sich eines seiner Bündel von den übrigen irgendwie geschieden, sondern alle liefen, sofort zu einem compacten, bandartigen Streifen geordnet, der bisweilen von einer *Inscriptio tendinea* quer durchsetzt wird, zum hinteren Rande des Zungenbeinkörpers in die Höhe. Entsprechend dem die oberen Enden beider *Musc. sterno-hyoidei* trennenden, 5—7 Millim. breiten Zwischenraume fand ich an der hinteren Seite des Zungenbeines zu wiederholten Malen, einen kleinen, etwa erbsengrossen Schleimbeutel, welcher mir in Anbetracht der pathologischen Cystenbildungen am Halse wohl der Erwähnung werth erscheint. Er ist zu unterscheiden von dem, übrigens auch nicht ganz regelmässig vorkommenden Schleimbeutel, welcher seine Lage nach abwärts vom Zungenbeine, über dem *Lig. hyo-thyreoideum medium* einzunehmen pflegt und von mir gleichzeitig mit dem vorigen angetroffen worden ist. Der *Musc. sterno-thyreoideus* zeigt sehr häufig Varietäten seines Ursprunges, welche hier in Frage kommen könnten. In der Mehrzahl der Fälle gehen seine Bündel im Zusammenhange einen Daumen breit unter dem vorigen Muskel, theils von der hinteren Seite des *Manubrii sterni*, theils in schräg nach auswärts und aufwärts steigender Linie von der hinteren Fläche des Knorpels der ersten Rippe ab. Die letztere Faserung entspringt auch wohl gesondert, und legt sich erst im Aufsteigen an die einwärts liegende Portion an. Die inneren Ränder des Ursprunges der *Musc. sterno-thyreoidei* stehen bald mehr oder weniger weit von einander ab, bald findet daselbst ein mehrfach gekreuzter Austausch einer Anzahl von Fleischbündeln Statt. Ein oder das andere aus der Kreuzung

hervorgegangene oder ein gesondertes und vom eigentlichen unteren Ende des *Musc. sterno-thyreoideus* gedecktes Bündel setzt seinen Weg häufig nicht nach aufwärts fort, sondern endigt sich im Periost knapp unter der *Incisura semilunaris superior* der Brustbeinhandhabe, oder heftet sich auch wohl an die hintere Seite des *Lig. interclaviculare* an. Nach einer von M. Girardi, *De re anatomica oratio, Parmae*, 1781, p. 36) gemachten Wahrnehmung, hängen die *Musc. sterno-thyreoidei* bisweilen durch Querfasern zusammen. Der *Musc. transversus colli* lässt sich auf keine dieser Varietäten zurückführen, was nicht allein schon daraus hervorgeht, dass ich ihn im Vereine mit solchen Abweichungen angetroffen habe, welche noch am meisten auf denselben hätten bezogen werden können, sondern noch vielmehr aus der auffallenden Constanz der Form, Lage, Ursprungs- und Endigungsweise in allen von mir bis jetzt beobachteten Fällen seines Vorkommens.

Der quere Halsmuskel hat stets eine exquisit horizontale Verlaufsrichtung. Er ist platt und dünn; 3—4 Centimeter lang, und in Maximo 1 Centimeter breit. Sein sehnig-fleischiges Ursprungsende ist am schmalsten, meist nur 0·3 Centimeter breit und liegt ein wenig unter der Mitte des oberen Randes an der hinteren Seite des Knorpels der ersten Rippe. Die mittelst einer dünnen Zellstoffschichte, an die hintere Seite des *Musculus sterno-hyoideus* angelötheten Bündel, laufen meist fächerartig aus einander fallend, da über diesen Muskel hinweg, wo er an dem hinteren Umfange des Sterno-Claviculargelenkes anliegt. Die 3 bis 4, den Muskel constituirenden, lose zusammenhängenden Fleischbündel gehen schon frühzeitig in feine, sich mehrfach spaltende Sehnenfäden über, die in der Mittellinie theils von beiden Seiten her zusammenstossen, theils sich durchkreuzen. Einzelne Sehnenfäden endigen meist im Gewebe des *Lig. interclaviculare* oder auch in der Faserkapsel am inneren Umfange des Brustbein-Schlüsselbeingelenkes. Wenn diese Sehnenfäden stark ausgebildet sind, dann lassen sich dieselben schon bei der Präparation von vorn her durch ihren Glanz und durch ihren horizontalen Verlauf von dem Gewebe der *Fascia colli*, in welches sie gewissermassen eingetragen sind, ohne Schwierigkeit unterscheiden. Zur Aufsuchung des Muskels ist jedoch die Präparation von vorn her wenig geeignet. Es ist rathsam, an dem mit der inneren Hälfte der Schlüsselbeine und des ersten Rippenpaares,

sowie mit dem *Musc. sterno-hyoideus* und *sterno-thyreoideus* im Zusammenhange belassenen Handgriffe des Brustbeines die Zergliederung von der Rückenseite aus so vorzunehmen, dass man zuerst das mittlere Blatt der Halsbinde entfernt, und dann mit grösster Vorsicht den *Musc. sterno-thyreoideus* bis zu seinem Ursprunge ablöst. Da der *Transversus colli* sehr schwach, blass und bei nicht ganz frischen Leichen bisweilen ausnehmend weich und zerreisslich ist, könnte es wohl geschehen, dass er bei unachtsamer Zergliederung übersehen oder bis zur Unkenntlichkeit verstümmelt würde. Einige Male zeigte dieser Muskel, welcher aber dann auf ein Minimum reducirt war, eine tiefere Lage, indem er nicht hinter, sondern unmittelbar unter dem Brustbein-Schlüsselbeingelenk angebracht war. In denjenigen Fällen, in welchen ein querer Halsmuskel nur auf einer Seite vorhanden war, verlor sich sein in dünne Sehnenfäden zerfallenes medianes Ende theils im *Lig. interclaviculare*, theils in dem Zellstoffe, welcher in der unteren Halsgegend zwischen das oberflächliche und mittlere Blatt der *Fascia colli* eingeschoben ist.

Wenn man bei der morphologischen Betrachtung dieses Muskels seine volle Ausbildung auf beiden Seiten im Auge behält, dann kann seine Deutung als *Transversus colli* gewiss nicht im mindesten beanständet werden. Er hat in seiner ganzen äussern Gestaltung eine frappante Ähnlichkeit mit einer der obersten Zacken des queren Bauchmuskels. Gleich einer solchen verlauft er horizontal, entspringt schmal, verbreitet sich dann wie diese, und geht gleich ihr in sehnige Fäden über, welche, wenn auch keine dichte *Linea alba* constituirend, doch zum Muskel der anderen Seite ganz verwandte Beziehungen zu erkennen geben.

Wie der *Musc. triangularis sterni* nach unten, indem seine Bündel mehr und mehr eine horizontale Richtung annehmen, allmählich zum *Transversus abdominis* wird, und durch seine unterste Zacke schon so sehr den Typus des letzteren annimmt, dass er mit der medianen Sehnensubstanz von dessen oberster Zacke in der Regel selbst continuirlich ist, so erkennen wir noch oben, nach einigen Unterbrechungen, seine, aber gewissermassen im Erlöschen begriffene Wiederholung, in Form jenes queren in der unteren Region des Halses angebrachten Muskelbündels.

Durch die letzteren Betrachtungen wird man jedoch keineswegs zur Ansicht berechtiget, als stelle unser Muskel weiter nichts

als eine Varietät des *Triangularis sterni* dar; vielmehr haben wir es mit einer, wenn auch seltenen, doch gesetzmässigen Bildung zu thun.

Die in Wahrheit den *Trianyularis sterni* betreffenden Abweichungen erwiesen sich nach allen bisherigen Erfahrungen in ganz anderer Art. Sie beziehen sich theils auf die Zahl der Fascikel, theils auf das Verhalten derselben zu einander. In letzterer Beziehung ist besonders hervorzuheben, dass sich zwei bisweilen zu einem von dem übrigen gesonderten Muskel vereinigen. Als eine Varietät des *Triangularis sterni* bezeichnet M. J. Weber[1]) die folgende, von ihm jedoch nur ein einziges Mal gemachte Wahrnehmung: „Von der hinteren Fläche des *Manubrii sterni* verlief zur hinteren Seite der Sternalenden beider Schlüsselbeine ein ziemlich starker, halbkreisförmiger, glatter Muskel, welcher die Schlüsselbeine nach innen und unten ziehen konnte". Diese ganz vereinzelt stehende seltsame Beobachtung vermag ich nicht zu deuten, und muss es namentlich, Henle[2]) entgegen, bezweifeln, dass sie auf den *Musc. superclavicularis* zurückgeführt werden kann. Doch läge es jedenfalls näher, sie für eine Varietät dieses Muskels, als des *Triangularis sterni* zu erklären. Sie stimmt noch am meisten mit derjenigen von Hyrtl[3]) als Varianten des Supraclavicular-Muskels bezeichneten Bildung überein, welche von ihm *Musculus interclavicularis* benannt worden ist. Bei dieser Gelegenheit kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass es ganz irrig ist, wenn man aus Haller's[4]) Angabe von einem überzähligen *Musc. subclavius* auf die schon früher gewonnene Kenntniss des Supraclavicular-Muskels einen Schluss ziehen möchte. Nach fremden und eigenen Beobachtungen befindet sich der supernumeräre *Musc. subclavius* unter allen Umständen, mag er nun vom Schlüsselbeine, vom Schulterhaken, oder von der Grätenecke entspringen, und sich an den Knorpel der ersten Rippe oder an das *Manubrium sterni* ansetzen, unter dem Schlüsselbeine.

Der *Musc. supraclavicularis* hat nach dem Zeugnisse aller bisherigen Erfahrungen dagegen seine Lage ohne Ausnahme über dem Schlüsselbeine. Bei vollkommener Ausbildung besitzt dieser Muskel,

---

[1]) Handbuch der Anatomie des menschlichen Körpers. Bonn, 1839. Bd. I, S. 560.
[2]) Muskellehre. Braunschweig, 1858. S. 95.
[3]) Zwei Varietäten des Musc. sternoclavicularis. Wien, 1858. S. 5.
[4]) De corp. humani fabrica. Tom. VI. p. 76.

wie zehn eigene Befunde, vier Wahrnehmungen von Hyrtl, und eine Beobachtung von Retzius [1]) beweisen, eine im Wesentlichen sich gleichbleibende Grösse und Gestaltung. Er liegt über der inneren Hälfte der Clavicula, ist spindelähnlich geformt, mehr oder weniger gefiedert, und mit einer Endsehne versehen, welche über den obern Umfang des Sternoclaviculargelenkes herabzieht, um sich an der vordern Fläche der Handhabe des Brustbeines anzusetzen. Der Muskel ist, gleich dem *Subclavius*, nicht sowohl zur Ausführung von Bewegungen bestimmt, als vielmehr um dazu beizutragen, die Articulations-Flächen gegen einander zu halten, und dem Gelenke sowohl während der Bewegung als auch während des Zustandes der Ruhe die nöthige Festigkeit zu verleihen.

Die functionelle Bedeutung des *Musc. transversus colli* kann, seiner Unbeständigkeit und seiner Kleinheit wegen, kaum ernstlich in Frage gestellt werden. Gleichwohl mag es gestattet sein, dem Bezirke seiner etwaigen Wirksamkeit einige Betrachtungen zu widmen.

In der sogenannten *Fossa sternalis* bilden das oberflächliche und das mittlere Blatt der Binde des Halses eine Art von Diaphragma, welches schief über dem oberen Ende des sogenannten vorderen Mittelfellraumes liegt, und einigen passiven Antheil am Athmungsmechanismus nimmt. Blandin und Béclard haben denselben sehr hoch taxirt, indem sie die Befürchtung aussprachen, es möchten Halswunden, welche jene fibröse Scheidewand durchsetzen, bei heftiger und tiefer Inspiration durch Lufteintritt Athmungsbeschwerden herbeiführen. Da nun die aus dem *Transversus colli* hervorgehenden Sehnenfäden quer zwischen jenen Fascienblättern verlaufen und zum Theil in ihr Gewebe eingelagert sind, vermöchten sie wohl einiges zur Verstärkung jener Scheidewand beizutragen, ja bei starker Ausprägung des Muskels könnte durch ihn der Einwirkung des Luftdruckes auf die unverletzte *Fossa sternalis* selbst ein activer Widerstand geleistet werden.

Jene beiden Blätter der *Fascia colli* berühren sich da nicht unmittelbar, wo sie an den oberen Rand des Brustbeines angrenzen, sondern sie weichen daselbst in der Dicke des *Manubrii sterni* aus einander. In dem so gebildeten Zwischenraume findet sich nebst lockerem, bei gesunden Menschen einiges Fett enthaltenden Zellstoffe,

[1]) Hygiea. Bd. 18, S. 649.

gewöhnlich ein kurzes, horizontal liegendes, federkieldickes Gefässstück, welches die unteren Enden der *Venae jugulares externae anteriores* unter einander in Communication setzt. In die Mitte jener Ader senkt sich fast regelmässig eine dünne subcutane *Vena sternalis* ein. Diese letztere tritt aber auch nicht selten mit kleineren Zweigen, welche vornehmlich das Blut aus den Brustbein-Schlüsselbeingelenken zurückführen, zu einem Stämmchen zusammen, das unter dem *Lig. interclaviculare* sich in die linke ungenannte Vene begibt. Durch die Zusammenziehung des *Transversus colli*, von welchem meist einige Sehnenfäden an das *Lig. interclaviculare* gelangen, könnte jene Sehne vor dem Drucke bewahrt werden, den das Band bei gewissen Stellungen der Schlüsselbeine auf sie sonst nothwendig ausüben muss.

Erklärung der Abbildung.

Die Handhabe des Brustbeines eines 40 Jahre alten Mannes ist von seiner inneren Seite her dargestellt. Sie wurde im Zusammenhange belassen mit dem ersten Rippenpaare (*I, I*), sowie mit den Schlüsselbeinen (*a, a*). Unter dem *Ligamentum interclaviculare* (*b*) bemerkt man die Mündung eines Venenstämmchens (*c*), welches im Begriffe ist, in die linke ungenannte Vene einzutreten. Das oberflächliche Blatt der *Fascia colli* (*d*) sowie der *Musculus sternohyoideus* (*e, e*) sind erhalten worden. Hinter dem letztern verläuft jederseits der *Musculus transversus colli* (*f, f*), welcher schmal vom Knorpel der ersten Rippe entspringt, sich verbreitert und in Sehnenfasern übergeht, die sich theils durchkreuzen, theils mit jenen der anderen Seite zusammenfliessen.

Über den inducirten Strom der Nebenbatterie.

Von **Peter Blaserna,**
Assistenten am k. k. physicalischen Institute in Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 22. Juli 1858.)

Wird zu einem geradlinig ausgespannten Theile des Schliessungsbogens einer Batterie — Hauptbatterie — ein Drath parallel ausgespannt und dessen Enden zu der äusseren und inneren Belegung einer isolirten Batterie — Nebenbatterie — geführt, so wird durch die elektrische Entladung der ersteren in diesem ein eigenthümlicher Strom inducirt. Herr Director Knochenhauer, dem wir die Entdeckung desselben verdanken, nennt ihn den Strom der Nebenbatterie; er veröffentlichte darüber mehrere Versuche, die in den Sitzungsberichten dieser Akademie, sowie auch in Grunert's Archiv aufgenommen worden sind.

Vorliegende Arbeit wurde auf den Wunsch des Directors am k. k. physicalischen Institute, des Herrn Regierungsrathes Ritter von Ettingshausen, vorgenommen, der von Herrn Knochenhauer um Veranlassung einer Verification der Resultate seiner Arbeit ersucht worden war. Letzterer war so gefällig, die Anfertigung des hiezu nöthigen Luftthermometers und Funkenmessers unter seiner Aufsicht in Meiningen zu besorgen. Die Arbeit bezweckte anfänglich die blosse Prüfung eines Gesetzes, welches Herr Knochenhauer aus der Erfahrung abgeleitet hat, wurde jedoch später selbstständig fortgesetzt und ist als der Anfang einer grösseren Experimentaluntersuchung über elektrische Inductionen anzusehen.

Nennt man den Schliessungsbogen der Hauptbatterie den Hauptdrath, jenen der Nebenbatterie den Nebendrath, so lässt sich oberwähntes Knochenhauer'sches Gesetz kurz so zusammenfassen:

1. Die Intensität des inducirten Stromes ist bei einem und demselben Hauptdrath für verschieden lange Nebendräthe nicht constant, sondern nimmt bis zu einem bestimmten Punkte — Maximum — zu, und von da wieder ab.

2. Dieses Maximum tritt dann ein, wenn bei vollkommen gleichen Flaschen die Länge des Hauptdrathes sich zu jener des Nebendrathes so verhält wie die Anzahl der Flaschen der Nebenbatterie zu jener der Hauptbatterie.

Zur Prüfung dieses Gesetzes war es zuerst nöthig, die mir zu Gebote stehenden sechs Leidner Flaschen, die ich mit Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 bezeichnen werde, zu prüfen und deren Stärke numerisch zu bestimmen. Zu dem Ende schaltete ich in den Schliessungsbogen der zu prüfenden Flasche das Funkenmikrometer, dessen Kugeln in constanter Entfernung erhalten wurden, und das Luftthermometer ein, und lud die Flasche mittelst eines starken Drathes vom Conductor der Elektrisirmaschine aus so lange, bis ein Funke über die Kugeln des Funkenmikrometers übersprang. Für den nun erfolgenden Ausschlag θ des Luftthermometers gilt unter der Bedingung, dass der Schliessungsbogen stets derselbe bleibe, die Relation

$$\theta = a \cdot \frac{q^2}{s},$$

wobei q die Elektricitätsmenge, s die Oberfläche der Flasche, a eine Constante, über deren Bedeutung die zahlreichen und schönen Arbeiten Riess' vollkommene Aufklärung geben, bedeutet.

Die Grösse s konnte ich als constant ansehen, da die Oberfläche bei den Flaschen nahezu 25 Quadratdecimeter beträgt. Es ergibt sich somit

$$q = b \sqrt{\theta},$$

wo b abermals eine Constante bedeutet.

Als Einheit nahm ich bei dieser Bestimmung nach dem Vorschlage Herrn Knochenhauer's das arithmetische Mittel aus den sechs Flaschen an. Auf diese Weise ergaben sich für die einzelnen Flaschen folgende Daten:

Flasche	θ in Pariser Linien			Mittel
1	14·2	14·6	14·6	14·5
2	10·6	10·7	10·5	10·6
3	11·0	11·1	11·0	11·0
4	7·7	7·8	7·8	7·8
5	12·3	12·1	12·2	12·2
6	10·0	10·1	10·2	10·1

Zieht man aus diesen Zahlen die Quadratwurzel und reducirt sie auf die angenommene Einheit, so ergibt sich

Flasche	q
1	1·16
2	0·99
3	1·01
4	0·85
5	1·07
6	0·97

Es ist bekannt, dass der hygrometrische Zustand der Luft einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Werthe von θ, also auch auf jene von q hat, da die Luft an verschiedenen Tagen die Elektricität verschieden leitet und daher das Überspringen des Funkens je nach ihrem Wassergehalte entweder begünstigt oder erschwert. Ich unternahm daher an zwei verschiedenen Tagen noch zwei Bestimmungen von q, um den Einfluss der Feuchtigkeit numerisch kennen zu lernen.

Die Beobachtungen dabei waren folgende:

Flasche	θ in Pariser Linien			Mittel	q	θ in Pariser Linien			Mittel	q
1	13·9	14·0	14·0	14·0	1·14	14·0	14·0	13·8	13·9	1·14
2	10·3	10·3	10·4	10·3	0·97	10·3	10·3	10·3	10·3	0·98
3	10·7	10·8	10·7	10·7	0·99	10·6	10·5	10·5	10·5	0·99
4	7·9	7·8	8·0	7·9	0·85	7·9	7·9	7·8	7·9	0·86
5	11·8	11·8	12·1	11·9	1·05	12·0	11·9	11·9	11·9	1·06
6	10·2	10·2	10·1	10·2	0·97	10·0	10·0	10·1	10·0	0·97

Ich erhielt somit schliesslich folgende Werthe für q:

Flasche	q			Mittel
1	1·16	1·14	1·14	1·15
2	0·99	0·97	0·98	0·98
3	1·01	0·99	0·99	1·00
4	0·85	0·85	0·86	0·85
5	1·07	1·05	1·06	1·06
6	0·97	0·97	0·97	0·97

Vergleicht man alle diese Daten, so ergibt sich daraus folgendes:

1. Die Bestimmung der Stärke der Flaschen ist von den Witterungseinflüssen unabhängig.

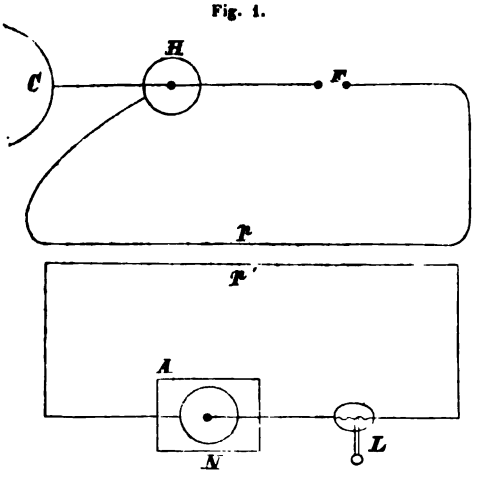
2. Die Werthe von θ hängen allerdings davon ab, allein die Form der Abhängigkeit ist leicht anzugeben; es muss θ einen Factor, den man den Feuchtigkeitscoëfficienten nennen könnte, enthalten, also

$$\theta = \frac{1}{P}\,\Theta$$

sein, wobei Θ den Ausschlag des Luftthermometers bei vollkommen trockener Luft bedeutet. Inwieferne dieser Coëfficient mit dem Dispersionscoëfficienten, dessen genaue Bestimmung Riess gelehrt, zusammenhängt, können nur Versuche mittelst der Coulomb'schen Drehwage lehren.

Dies alles vorausgesetzt, gehe ich nun zu den Inductionsversuchen selbst über. Vom Conductor *C* einer dreischeibigen Winterschen Elektrisirmaschine wurde die Hauptbatterie *H* geladen. Der Schliessungsdrath ging über das Funkenmikrometer *F*. Die Nebenbatterie *N* befand sich auf dem Isolirschemel *A* und stand mit dem Luftthermometer *L* in Verbindung; *p*, *p'* sind die parallel ausgespannten Theile der Schliessungsbögen, welche einander beliebig genähert werden konnten und deren Länge stets 12 Wiener Fuss betrug. Als Schliessungsbogen diente ein 1 Millimeter dicker Kupferdrath, von welchem mittelst passender Gestelle beliebig viel aus- und eingeschaltet werden konnte.

Fig. 1.



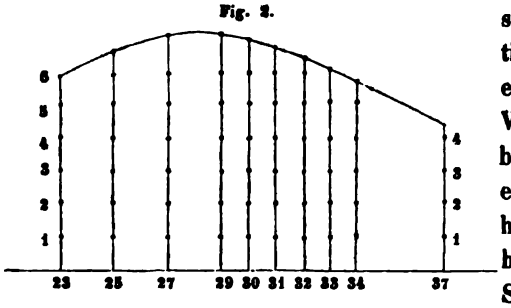
Bei dem ersten Versuche betrug der Hauptdrath 32 Wiener Fuss, die Kugeln des Funkenmikrometers waren auf die Entfernung von 10 halben Linien gebracht, die Distanz der parallelen Dräthe betrug 6 Centimeter; als Hauptbatterie war die Flasche 6, als Nebenbatterie die Flasche 5 eingeschaltet. Es ergaben sich hierbei folgende Daten:

I. Versuch. †

Länge des Nebendrathes in Wr. Fuss	θ in Pariser Linien			Mittel
37	4·1	4·3	4·1	4·2
34	5·4	5·5	5·5	5·5
33	5·9	6·1	6·0	6·0
32	6·4	6·5	6·6	6·5
31	6·7	6·8	6·7	6·7
30	6·8	7·0	7·0	6·9
29	7·0	7·1	7·0	7·0
27	7·0	6·9	7·0	7·0
25	6·3	6·5	6·4	6·4
23	5·8	6·0	6·2	6·0

Construirt man eine Curve, indem man die Längen des Nebendrathes als Abscissen, die Werthe von θ als Ordinaten ansieht (Fig. 2), so ergibt sich mit Leichtigkeit, dass diese Curve ein Maximum besitzt. Was die Stelle desselben betrifft, so findet es wegen der Ungleichheit der Flaschen nicht bei 32, sondern bei 28 Statt. Dass die Länge des Nebendrathes im Maximum von der Stärke der Flaschen abhängt, wird besonders durch eine Versuchsreihe ersichtlich, die ich an demselben Tage bei ganz gleichen Umständen vornahm, wobei jedoch die Hauptbatterie zur Nebenbatterie, die Nebenbatterie zur Hauptbatterie gemacht wurde. Es ergaben sich dabei folgende Daten:

Fig. 2.



II. Versuch. †

Hauptbatterie Flasche 5.
Nebenbatterie Flasche 6.

Länge des Nebendrathes in Wr. Fuss	θ in Pariser Linien			Mittel
22	2·7	2·5	2·7	2·6
24	3·0	3·0	3·1	3·0
26	3·3	3·6	3·5	3·5
28	4·1	4·1	4·0	4·1
30	4·2	4·4	4·3	4·3

Länge des Nebendrathes in Wr. Fuss	θ in Pariser Linien			Mittel
32	4·7	4·6	4·7	4·7
34	4·9	4·8	4·9	4·9
36	5·0	5·1	5·0	5·0
38	4·9	4·7	4·8	4·8
40	4·6	4·7	4·7	4·7
42	4·3	4·0	4·2	4·2
44	4·0	3·9	4·0	4·0
48	3·4	3·4	3·3	3·4
52	2·5	2·6	2·6	2·6

Construirt man sich abermals eine Curve, so ersieht man, dass das Maximum jetzt bei 36′ stattfindet, während es bei der vorigen Versuchsreihe bei 28′ eintrat und der Hauptdrath constant 32′ betrug. Das Maximum tritt also bei gleichen Flaschen an der von Herrn Knochenhauer bezeichneten Stelle ein.

Man ersieht zugleich, dass diese Curven vom Maximum ab symmetrisch gebaut sind. Bezeichnet man daher den Hauptdrath mit h, den Nebendrath mit n und berücksichtigt, dass das Maximum bei $h - kn = o$ eintritt, wobei k vorläufig eine noch unbekannte Grösse vorstellt, welche von der Stärke der betreffenden Flaschen abhängt und für gleiche Flaschen gleich 1 wird, so ergibt sich mit Leichtigkeit, dass das Verhältniss zwischen θ und n sich allgemein durch folgende Formel geben lässt:

$$\theta = \frac{a}{b + c(h-kn)^2 + d(h-kn)^4 + \ldots..}$$

wobei a, b, c, d durch Erfahrung zu bestimmende Constante bezeichnen. Für $h = kn$ geht θ in $\frac{a}{b}$ über; setzt man daher diesen Maximumwerth gleich M, und $\frac{c}{b} = A$, $\frac{d}{b} = B$ etc., so geht die Formel über in

$$\theta = \frac{M}{1 + A(h-kn)^2 + B(h-kn)^4 + \ldots.}$$

Ich habe mich überzeugt, dass die kürzere Formel

$$\theta = \frac{M}{1 + A(h-kn)^2}$$

vollkommen genügt, wesshalb ich die späteren Glieder vernachlässigen werde. Denn setzt man in der ersten Versuchsreihe:

$$M = 7{\cdot}1$$
$$k = 1{\cdot}14$$
$$A = 0{\cdot}0058,$$

und in der zweiten

$$M = 5{\cdot}0$$
$$k = 0{\cdot}88$$
$$A = 0{\cdot}0052,$$

so ergibt sich folgende Zusammenstellung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von θ, deren Übereinstimmung sehr befriedigend ist:

I. Versuch.

n	θ beob.	θ berech.	n	θ beob.	θ berech.
37	4·2	4·4	29	7·0	7·0
34	5·5	5·6	28	—	7·1
33	6·0	6·0	27	7·0	7·0
32	6·5	6·4	25	6·4	6·6
31	6·7	6·7	23	6·0	5·9
30	6·9	6·9			

II. Versuch.

n	θ beob.	θ berech.	n	θ beob.	θ berech.
22	2·6	2·7	36	5·0	5·0
24	3·0	3·1	38	4·8	4·9
26	3·5	3·5	40	4·7	4·7
28	4·1	4·0	42	4·2	4·4
30	4·3	4·4	44	4·0	4·0
32	4·7	4·7	48	3·4	3·3
34	4·9	4·9	52	2·6	2·5

Zur Bestätigung dieses Gesetzes habe ich noch mehrere Versuchsreihen durchgeführt, die ich nun anführen will.

III. Versuch. *

Hauptdrath 36′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ berech.
28	3·5	3·4	3·3	3·4	3·4
30	3·9	4·0	4·0	4·0	4·0
32	4·4	4·4	4·4	4·4	4·6
34	5·1	5·1	5·1	5·1	5·0
36	5·3	5·3	5·4	5·3	5·3
38	5·3	5·2	5·3	5·3	5·3
40	5·1	5·0	5·0	5·0	5·0
42	4·4	4·5	4·5	4·5	4·6
44	3·8	3·9	3·7	3·8	4·0
46	3·1	3·1	3·1	3·1	3·3
50	2·2	2·1	2·2	2·2	2·4
54	1·6	1·6	1·6	1·6	1·7

Bei der Berechnung dieser Versuchsreihe wurde

$$M = 5{\cdot}4$$

$$k = \frac{36}{37} = 0{\cdot}97$$

$A = 0{\cdot}0074$ angenommen.

IV. Versuch. *

Hauptdrath 36′ (wie im III. Versuch).
Hauptbatterie Flasche 3, Nebenbatterie Flasche 2.
Distanz der parallelen Dräthe 4 (wie früher).
Funkenmikrometer 10.
Für die Berechnung $M = 5{\cdot}0$, $k = 0{\cdot}95$, $A = 0{\cdot}0079$.

n	θ beobachtet			Mittel	θ berech.
26	2·2	2·4	2·4	2·3	2·5
28	2·8	2·7	2·8	2·8	3·0
30	3·3	3·3	3·2	3·3	3·5
32	3·8	3·7	3·8	3·8	4·0
34	4·5	4·5	4·5	4·5	4·6
36	4·9	4·9	4·8	4·9	4·9
38	5·0	5·1	5·0	5·0	5·0
40	4·9	5·0	4·9	4·9	4·9
42	4·7	4·7	4·6	4·7	4·5
44	4·0	4·0	4·0	4·0	4·0
46	3·7	3·5	3·6	3·6	3·4
50	2·6	2·6	2·6	2·6	2·5
54	1·9	1·8	1·9	1·9	1·8

V. Versuch. †

Hauptdrath 36′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.

Funkenmikrometer 10.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ berech.
26	2·5	2·6	2·6	2·6	2·3
28	3·0	3·0	2·9	3·0	2·8
30	3·6	3·5	3·4	3·5	3·4
32	4·0	4·1	4·1	4·1	4·0
34	4·6	4·7	4·7	4·7	4·6
36	5·0	5·1	5·0	5·0	5·0
38	4·8	4·9	5·0	4·9	5·0
40	4·6	4·6	4·5	4·6	4·7
42	3·8	3·9	4·0	3·9	4·0
44	3·3	3·4	3·4	3·4	3·4
46	2·7	2·6	2·6	2·6	2·8
52	1·7	1·8	1·8	1·8	1·8
26	2·5	2·5	2·6	2·5	—

Für die Berechnung der Werthe von θ wurde

$$h = 36$$
$$k = 0{\cdot}97$$
$$M = 5{\cdot}1$$
$$A = 0{\cdot}011 \text{ angenommen.}$$

Für $n = 26'$ finden sich zwei Beobachtungen angegeben, die eine zu Anfang, die andere am Ende der Reihe. Es ist dies eine Vorsicht, die ich bei grösseren Beobachtungsreihen in der Regel anwendete, um mich zu überzeugen, dass in den äusseren Verhältnissen keine störende Änderung eingetreten sei.

VI. Versuch. †

Hauptdrath 36′ (wie im V. Versuch).

Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 1.

Funkenmikrometer 10 (wie im V. Versuch).

Distanz der parallelen Dräthe 4 (wie im V. Versuch).

Für die Berechnung $M = 6{\cdot}1$, $k = 1{\cdot}44$, $A = 0{\cdot}0023$.

n	θ beobachtet			Mittel	θ berech.
20	5·6	5·5	5·5	5·5	5·5
22	5·8	5·8	5·7	5·8	5·8
24	6·8	6·0	6·0	6·0	6·0
26	5·8	5·7	5·8	5·8	6·0
28	5·8	5·8	5·7	5·8	5·8
30	5·6	5·6	5·5	5·6	5·5
32	5·1	5·0	5·0	5·0	5·0
34	4·4	4·4	4·5	4·4	4·4

VII. Versuch. †

Hauptdrath 36′ (wie früher).
Hauptbatterie Flasche 1, Nebenbatterie Flasche 3.
Funkenmikrometer 10 (wie früher).
Distanz der parallelen Dräthe 4 (wie früher).
Für die Berechnung $M = 3{\cdot}6$, $k = 0{\cdot}72$, $A = 0{\cdot}0070$.

n	θ beobachtet			Mittel	θ berech.
20	1·0	1·0	0·9	1·0	0·8
28	1·3	1·3	1·4	1·3	1·3
42	3·1	3·1	3·2	3·1	3·0
48	3·5	3·5	3·4	3·5	3·5
52	3·5	3·6	3·5	3·5	3·5
62	2·2	2·3	—	2·3	2·3

Aus diesen Versuchen folgt also, dass sich die Relation zwischen θ und n durch die einfache Formel

$$\theta = \frac{M}{A(h - kn)^2 + 1}$$

ausdrücken lässt, wobei M und k unmittelbar durch den Versuch gegebene Constante bezeichnen, während A erst durch Rechnung gefunden werden muss. Die Berechnung der in obigen Tabellen enthaltenen Werthe von θ geschah auf folgende Weise: Ich construirte für jede Versuchsreihe die betreffende Curve, wählte darin jene Werthe von θ, welche besonders genau schienen, heraus, und berechnete aus ihnen — manchmal nur aus einem oder zweien derselben — den Werth von A, und führte dann diesen Werth in die Formel ein. Eine genauere Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate schien mir unnütz, da die Genauigkeit dieser Messungen keine grosse ist, indem der Fehler 0·2 betragen kann, und selbst diese Genauigkeit ist schwer zu erzielen, da Schwankungen in der Temperatur, Windstösse u. dgl. m. selbst in einem wohlverwahrten Zimmer nicht zu vermeiden sind.

Es ist nun zunächst meine Aufgabe, die Bedeutung der Grösse k etwas näher anzugeben.

k ist das Verhältniss der Länge des Hauptdrathes zu jener des Nebendrathes in dem Falle, wo der Ausschlag des Luftthermometers, also die Intensität des Inductionsstromes, ein Maximum ist. Es ist von

der Distanz der Kugeln des Funkenmikrometers unabhängig, wie folgende Versuchsreihen es ersichtlich machen.

VIII. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
26	5·7	5·8	5·8	5·8
28	6·6	6·7	6·8	6·7
30	7·0	7·1	7·1	7·1
32	6·8	6·9	6·9	6·9
34	5·8	5·9	5·9	5·9

Es ist somit hier $k = 1{\cdot}00$.

IX. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 7.

n	θ beobachtet			Mittel
26	2·9	3·0	3·0	3·0
28	3·5	3·4	3·4	3·4
30	3·9	4·0	4·0	4·0
32	4·1	4·2	4·2	4·2
34	3·7	3·8	3·7	3·7
36	3·2	3·3	3·2	3·2

Also ist $k = 0{\cdot}97$.

X. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 8.

n	θ beobachtet			Mittel
26	4·2	4·3	4·2	4·2
28	4·6	4·6	4·5	4·6
30	5·0	5·0	5·1	5·0
32	5·0	5·0	5·0	5·0
34	4·4	4·4	—	4·4

Es ist somit $k = 0{\cdot}97$.

Diese drei Versuche zeigen, dass, obwohl das Funkenmikrometer verändert wurde, k trotzdem constant blieb, da die kleinen Differenzen innerhalb der Beobachtungsfehler liegen.

Ganz dasselbe ergibt sich auch aus den drei folgenden Versuchen, die sich von den anderen nur dadurch unterscheiden, dass die Flasche 3 zur Hauptbatterie, Flasche 2 zur Nebenbatterie gemacht wurde.

XI. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 3, Nebenbatterie Flasche 2.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
26	4·8	5·0	5·1	4·9
28	6·0	5·8	6·0	5·9
30	6·4	6·3	6·5	6·4
32	7·0	7·0	6·8	6 9
34	6·1	6·2	6·2	6·2

Folglich $k = 0{\cdot}94$.

XII. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 3, Nebenbatterie Flasche 2.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 7.

n	θ beobachtet			Mittel
26	2·7	2·9	2·9	2·8
28	3·3	3·4	3·4	3·4
30	3·8	3·7	3·9	3·8
32	4·0	4·1	4·0	4·0
34	3·8	3·8	3·9	3·8

Es ergibt sich also $k = 0{\cdot}94$.

XIII. Versuch. *

Hauptdrath 30'.
Hauptbatterie Flasche 3, Nebenbatterie Flasche 2.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 8.

n	θ beobachtet			Mittel
26	3·4	3·5	3·5	3·5
28	4·2	4·2	4·0	4·1
30	4·7	4·7	4·8	4·7
32	5·0	5·0	5·0	5·0
34	4·8	4·7	4·7	4·7
36	4·3	4·4	4·4	4·4

Es ist also $k = 0{\cdot}94$.

Diese drei Beobachtungsreihen können nicht viel von den früheren differiren, da die Flaschen 3 und 2 nahe gleich sind. Allein es ist aus ihnen klar zu sehen, dass k von der Entfernung der Kugeln des Funkenmikrometers unabhängig ist.

Die drei folgenden Versuchsreihen werden dieses Gesetz für den Fall bestätigen, wenn die angewendeten Flaschen ungleich sind.

XIV. Versuch.

Hauptdrath 42'.
Hauptbatterie Flasche 4, Nebenbatterie Flasche 1.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
30	5·0	5·1	5·1	5·1
28	6·8	6·6	6·7	6·7
26	8·5	8·5	—	8·5
24	9·9	10·1	10·0	10·0
22	10·0	10·1	10·0	10·0
20	8·8	8·9	9·0	8·9

In diesem Versuche ist also $k = 1{\cdot}83$.

XV. Versuch. †

Hauptdrath 42′.
Hauptbatterie Flasche 4, Nebenbatterie Flasche 1.
Distanz der parallelen Drätbe 4.
Funkenmikrometer 8.

n	θ beobachtet			Mittel
30	3·5	3·6	3·6	3·6
28	4·8	4·8	4·9	4·8
26	6·2	6·2	6·1	6·2
24	7·2	7·3	7·3	7·3
22	7·3	7·4	7·4	7 4
20	6·6	6·5	6·5	6·5

Also ist $k = 1{\cdot}83$.

XVI. Versuch. †

Hauptdrath 42′.
Hauptbatterie Flasche 4, Nebenbatterie Flasche 1.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 6.

n	θ beobachtet			Mittel
30	2·4	2·4	2·5	2·4
28	3·2	3·1	3·3	3·2
26	4·1	4·0	4·2	4·1
24	4·9	4·8	4·8	4·8
22	4·9	4·9	5·0	4·9
20	4·3	4·4	4·4	4·4

Somit $k = 1{\cdot}83$.

Diese drei Versuche, welche an einem äusserst günstigen Tage angestellt wurden, beweisen also mit Evidenz, dass die Grösse k von der Distanz der Kugeln des Funkenmikrometers unabhängig ist.

Eben so leicht lässt es sich nachweisen, dass k von h unabhängig ist. Dies ergibt sich aus folgender Versuchsreihe:

XVII. Versuch. *

Hauptdrath 34′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
27	3·4	3·4	—	3·4
30	4·0	4·0	4·1	4·0
32	4·3	4·3	4·4	4·3
34	4·3	4·4	4·3	4·3
36	4·0	4·0	—	4·0

Darin ist $k = 1{\cdot}03$.

XVIII. Versuch. *

Hauptdrath 51′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.
Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
39	1·3	1·3	—	1·3
44	1·8	1·8	1·9	1·8
49	2·4	2·5	2·4	2·5
54	2·5	2·6	2·6	2·6
59	2·0	2·0	—	2·0

Daraus ergibt sich $k = 0{\cdot}98$.

Die Differenz von k fällt innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler, es ist somit k von h unabhängig.

Die Distanz der parallelen Dräthe übt ebenfalls keinen Einfluss auf k, wie aus folgenden Versuchen erhellet.

XIX. Versuch. †

Hauptdrath 31′.

Hauptbatterie Flasche 6, Nebenbatterie Flasche 5.

Distanz der parallelen Dräthe 6.

Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
22	6·2	6·2	6·2	6·2
24	6·9	7·1	7·0	7·0
26	7·7	7·7	7·6	7·7
28	7·7	7·6	7·7	7·7
30	7·0	7·0	6·8	6·9

Darin ist $k = 1{\cdot}15$.

XX. Versuch. †

Hauptdrath 31′.

Hauptbatterie Flasche 6, Nebenbatterie Flasche 5.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
22	7·2	7·4	7·2	7·3
24	8·4	8·6	8·4	8·5
26	9·0	8·9	9·0	9·0
28	9·0	8·8	9·0	8·9
30	8·0	8·0	8·2	8·1

Es ist somit $k = 1{\cdot}15$.

Diese zwei Versuche beweisen zur Genüge die Unabhängigkeit von k von der Distanz der parallelen Dräthe.

Aus den bisher angeführten Versuchen ist aber auch ersichtlich, dass k wesentlich eine Function der Flaschenstärken ist. Es ist jedoch von der absoluten Stärke derselben unabhängig, wie folgender Versuch darthut.

XXI. Versuch.

Hauptdrath 36′.

Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
30	5·1	5·2	5·1	5·1
32	5·5	5·6	5·6	5·6
34	5·8	5·7	5·8	5·8
36	5·5	5·5	5·6	5·5
38	5·2	5·1	5·2	5·2

Hier ist $k = 1{\cdot}06$.

XXII. Versuch.

Hauptdrath 36'.

Hauptbatterie Flaschen 1 und 4, Nebenbatterie Flaschen 5 und 6.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

Funkenmikrometer 10.

n	θ beobachtet			Mittel
30	3·0	2·9	2·9	2·9
32	3·5	3·4	3·4	3·4
34	3·5	3·6	3·6	3·6
36	3·4	3·3	3·4	3·4
38	3·0	3·0	2·9	2·9

Also ist $k = 1{\cdot}06$.

Diese zwei Versuche zeigen zur Genüge, dass k blos von den relativen Flaschenstärken abhängig ist. Denn bezeichnet man die Stärke der Hauptbatterie mit q, jene der Nebenbatterie mit q', so ist im XX. Versuche

$$q = 0{\cdot}98;\ q' = 1{\cdot}00,$$

$$\text{also } \frac{q'}{q} = 1{\cdot}02,$$

und im XXI. Versuche

$$q = 1{\cdot}15 + 0{\cdot}85 = 2{\cdot}00,$$

$$q' = 0{\cdot}97 + 1{\cdot}06 = 2{\cdot}03,$$

somit

$$\frac{q'}{q} = 1{\cdot}02.$$

Die Werthe von k bleiben daher so lange constant, als das Verhältniss der Flaschenstärken $\frac{q'}{q}$ constant bleibt. Die Form der Abhängigkeit ist daher schon durch diese einfache Bemerkung gegeben. In den Versuchen I und II sind blos die Flaschen umge-

tauscht worden, indem die Hauptbatterie zur Nebenbatterie und *vice versa* gemacht wurde. Vergleicht man die Werthe für k, welche dort gefunden wurden, so ergibt sich für den I. Versuch:

Hauptbatterie Flasche 6, Nebenbatterie Flasche 5: $k = 1{\cdot}14$, für den II. Versuch:

Hauptbatterie Flasche 5, Nebenbatterie Flasche 6: $k_1 = 0{\cdot}88$.

Nun ist aber $k_1 = \frac{1}{k}$, da nämlich sehr nahe $0{\cdot}88 = \frac{1}{1{\cdot}14}$. Es ergibt sich daraus, dass

$$k = \left(\frac{q'}{q}\right)^m,$$

wobei m ein noch zu bestimmender Exponent ist.

Aus den Versuchen VI und VII folgt für $m = 2$:

$$k = 1{\cdot}44 : \frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}37,$$

$$k = 0{\cdot}72 : \frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}76.$$

Es ist daher $k = \frac{q'^2}{q^2}$.

Die Übereinstimmung dieser Formel mit den in den früheren Versuchen gefundenen Werthen von k ergibt sich aus folgender Tabelle:

Versuch	k	$\frac{q'^2}{q^2}$	Versuch	k	$\frac{q'^2}{q^2}$
I	1·14	1·19	XII	0·94	0·96
II	0·88	0·84	XIII	0·94	0·96
III	0·97	1·04	XIV	1·83	1·83
IV	0·95	0·96	XV	1·83	1·83
V	0·97	1·04	XVI	1·83	1·83
VI	1·44	1·37	XVII	1·03	1·04
VII	0·72	0·76	XVIII	0·98	1·04
VIII	1·00	1·04	XIX	1·15	1·19
IX	0·97	1·04	XX	1·15	1·19
X	0·97	1·04	XXI	1·06	1·04
XI	0·94	0·96	XXII	1·06	1·06

Zur Bestätigung dieses Gesetzes habe ich noch viele Beobachtungen vorgenommen, von denen ich einige anführen will.

XXIII. Versuch.

Hauptdrath 28'.

Hauptbatterie Flasche 6, Nebenbatterie Flasche 5.

Funkenmikrometer 7.
Distanz der parallelen Dräthe 6.

n	θ beobachtet			Mittel
32	3·1	3·0	2·9	3·0
30	3·8	3·9	3·7	3·8
29	4·0	4·0	4·0	4·0
28	4·3	4·4	4·4	4·4
27	4·7	4·7	4·8	4·7
26	5·0	4·9	4·9	4·9
25	5·0	4·9	5·1	5·0
24	5·3	5·4	5·4	5·4
23	4·9	5·0	5·0	5·0
22	4·7	4·8	4·9	4·8
21	4·3	4·5	4·5	4·4

Also ist $k = 1{\cdot}17$; $\frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}19$.

XXIV. Versuch.

Hauptdrath 32′.
Hauptbatterie Flasche 6, Nebenbatterie Flasche 5.
Funkenmikrometer 7.
Distanz der parallelen Dräthe 6.

n	θ beobachtet			Mittel
31	3·8	3·7	3·7	3·7
30	4·0	4·0	3·9	3·9
29	4·0	4·2	4·3	4·2
28	4·2	4·3	4·3	4·3
27	4·4	4·3	4·4	4·4
26	4·2	4·3	4·3	4·3
25	4·1	4·0	4·1	4·1
24	3·8	3·7	3·8	3·8

Somit ist $k = 1{\cdot}19$; $\frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}19$.

XXV. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 6, Nebenbatterie Flasche 5.
Funkenmikrometer 7.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
22	4·6	4·7	4·7	4·7
24	4·9	5·1	5·1	5·0
26	5·0	5·1	5·0	5·0
28	4·6	4·5	4·7	4·6
30	4·2	4·3	4·2	4·2

Also $k = 1{\cdot}20$; $\frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}19$.

XXVI. Versuch. *

Hauptdrath 30′.

Hauptbatterie Flasche 5, Nebenbatterie Flasche 6.

Funkenmikrometer 7.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
24	2·4	2·4	2·5	2·4
26	2·5	2·6	2·6	2·6
28	3·0	3·0	3·2	3·1
30	3·3	3·4	3·4	3·4
32	3·5	3·4	3·6	3·5
34	3·7	3·6	3·8	3·7
36	3·4	3·4	3·4	3·4
38	3·2	3·2	—	3·2

$$k = 0{\cdot}88; \frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}84.$$

Diese Versuche führen daher zu der Formel

$$k = \frac{q'^2}{q^2}.$$

Allein es ist klar, dass dieses Gesetz nur für den Fall richtig sein kann, wenn die Oberflächen der Haupt- und der Nebenbatterie gleich sind. Es bleibt daher noch der Fall ungleicher Oberflächen zu erörtern übrig.

XXVII. Versuch.

Hauptdrath 30′.

Hauptbatterie Flaschen 3 und 6, Nebenbatterie Flasche 2.

Funkenmikrometer 10.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
28	1·1	1·1	—	1·1
31	1·2	1·2	—	1·2
34	1·3	1·4	1·3	1·3
40	1·7	1·7	—	1·7
46	2·2	2·2	2·3	2·2
52	3·0	3·0	3·1	3·0
56	3·3	3·4	3·3	3·3
60	3·7	3·6	3·6	3·6
64	3·4	3·3	3·4	3·4
68	3·1	3·1	—	3·1
78	2·0	2·0	2·1	2·0

Aus diesem Versuche folgt $k = 0{\cdot}50$, während $\frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}25$ wird. Berücksichtigt man aber, dass die Oberfläche der Hauptbatterie doppelt so gross ist, als die der Nebenbatterie, so ergibt sich

$$k = \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'},$$

wo s und s' die Oberflächen bezeichnen. Man hat somit in obigem Versuche

$$k = 0{\cdot}50; \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'} = 0{\cdot}50.$$

Dasselbe ergibt sich für folgenden Versuch:

XXVIII. Versuch.

Hauptdrath 50′.

Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flaschen 3 und 6.

Funkenmikrometer 10.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
20	4·1	4·2	4·1	4·1
22	4·4	4·4	—	4·4
24	4·8	4·7	4·8	4·8
25	5·0	5·1	5·1	5·1
26	5·0	4·9	4·8	4·9
28	4·6	4·8	4·7	4·7
30	4·4	4·4	4·3	4·4
32	3·9	3·9	—	3·9

Darin ist

$$k = 2{\cdot}00; \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'} = 2{\cdot}01.$$

Es ergibt sich somit

$$k = \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'}.$$

Das von Herrn Knochenhauer angegebene, am Anfange meiner Abhandlung citirte Gesetz findet hierin seine Erklärung. Es gilt darnach für den speciellen Fall von vollkommen gleichen Flaschen. In der That ist für diesen Fall

$$\begin{array}{l|l} q' = \mu\, Q & s' = \mu\, S \\ q = \nu\, Q & s = \nu\, S, \end{array}$$

wo Q und S die angenommenen Einheiten der Flaschenstärke und der Oberfläche ausdrücken, somit

$$k = \frac{\mu}{\nu} \text{ und}$$

$$\frac{h}{n} = \frac{\mu}{\nu},$$

d.h. der Hauptdrath verhält sich zum Nebendrath für's Maximum wie die Anzahl der Flaschen der Nebenbatterie zu jener der Hauptbatterie. Diese Untersuchungen bezüglich der Grösse k haben zur Genüge die Abhängigkeit der Werthe von θ von den bezüglichen Flaschen dargethan. Sie haben aber auch ersichtlich gemacht, dass allerdings die relativen Werthe von θ zu ihrem Maximum sich genügend erklären lassen, nicht aber ihre absoluten Werthe. Sie haben gestattet aus dem Werthe des Maximums auf die Form der Curve zu schliessen, setzten aber die Kenntniss desselben voraus. Mit einem Worte, das Verhältniss

$$\frac{\theta}{M} = \frac{1}{A\,(h - kn)^2 + 1}$$

lässt sich für jeden Werth von $k = \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'}$, von h und n angeben, nicht aber die absolute Grösse von θ.

Ich werde daher noch diese zweite Abhängigkeit von θ von den bezüglichen Flaschenwerthen näher erörtern. Diese Untersuchung lässt sich dadurch bedeutend vereinfachen, dass man für θ jenen Werth nimmt, für welchen $h - kn = o$ ist, d. h. dass man die Abhängigkeit des Maximums selbst von den Grössen q, s, q', s' aufsucht. Schon die Versuche I und II, welche bei ganz gleichen Umständen an demselben Tage angestellt wurden, geben einen deutlichen Beweis für die Abhängigkeit der Grösse M von den betref-

fenden Flaschen. In dem ersten Versuche ist nämlich $M = 7{\cdot}1$, in dem zweiten $M = 5{\cdot}0$, während sich die Versuchsreihen durch nichts anderes unterscheiden, als dass in der zweiten die Nebenbatterie zur Hauptbatterie, die Hauptbatterie zur Nebenbatterie gemacht wurde.

Ich muss jedoch gleich bemerken, dass, da es sich hier um die absoluten Werthe handelt, blos jene Versuche mit einander verglichen werden können, welche an demselben Tage, bei ganz gleichen Umständen, wobei also die atmosphärischen Einflüsse genau dieselben bleiben, angestellt wurden. Ich werde jene Versuche stets zusammenstellen und sie durch ein besonderes Zeichen, durch ein Sternchen (*) oder ein Kreuzchen (†) erkenntlich machen.

Die Versuchsreihen V, VI, VII geben ein einfaches Mittel an die Hand, von der Function $M = f(q, q', s, s')$ für den Fall gleicher Oberflächen die Form anzugeben. Ist nämlich

$$\text{in V } M = 5{\cdot}1,$$

$$\text{und in VI } M_1 = 6{\cdot}1, \text{ so folgt}$$

$$M : M_1 = 5{\cdot}1 : 6{\cdot}1 = 0{\cdot}83.$$

Da nun die Hauptbatterie bei beiden constant blieb, während die Nebenbatterie verändert wurde, so folgt, wenn im V. Versuche $q' = 1{\cdot}00$ (Flasche 3), im VI. $q' = 1{\cdot}15$ (Flasche 1) gesetzt wird:

$$q' : q_1' = 100 : 115 = 0{\cdot}87, \text{ somit}$$

$$M : M_1 = q' : q_1' \text{ oder}$$

$$M = mq',$$

d. h. die absolute Grösse des Maximums ist der Stärke der Nebenbatterie direct proportional.

In den Versuchen V und VII hingegen ist die Nebenbatterie constant, die Hauptbatterie variabel und es ergibt sich

$$M : M_1 = 5{\cdot}1 : 3{\cdot}6 = 1{\cdot}42,$$

$$\frac{1}{q^2} : \frac{1}{q_1^2} = 132 : 96 = 1{\cdot}37.$$

Dass diese Differenzen sich innerhalb der Beobachtungsfehler befinden, ergibt sich schon aus der Betrachtung, dass

$$50 : 37 = 1{\cdot}35$$

beträgt, während Fehler von 0·1 bei jeder Beobachtung nicht zu vermeiden sind. Es ergibt sich daraus, dass

$$M : M_1 = \frac{1}{q^2} : \frac{1}{q_1^2} \text{ oder}$$

$$M = m \frac{1}{q^2},$$

wobei m eine Constante bedeutet. Der absolute Werth des Maximums ist daher dem Quadrate der Flaschenstärke der Hauptbatterie verkehrt proportional. Es ist somit für den Fall gleicher Oberflächen

$$M = m. \frac{q'}{q^2}.$$

Ebenso folgt aus den Versuchen VI und VII

$$M : M_1 = 6{\cdot}1 : 3{\cdot}6 = 1{\cdot}69,$$

$$\frac{q'}{q^2} : \frac{q_1'}{q'^2} = 152 : 96 = 1{\cdot}59.$$

Es ist nun leicht, die Versuche I und II in Bezug auf ihr Maximum zu prüfen. Bezeichnet nämlich q die Flasche 6, q' die Flasche 5, so muss

$$M : M_1 = \frac{q'}{q^2} : \frac{q}{q'^2} = q'^3 : q^3$$

sein. In der That findet man

$$M : M_1 = 7{\cdot}1 : 5{\cdot}0 = 1{\cdot}42,$$

$$q'^3 : q^3 = 119 : 91 = 1{\cdot}32.$$

Ich habe zur Prüfung dieses gewiss auffallenden Gesetzes *noch* mehrere Versuchsreihen vorgenommen, die ich nun anführen will.

XXIX. Versuch. *

Hauptdrath 42′.
Hauptbatterie Flasche 1, Nebenbatterie Flasche 3.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	ϑ beobachtet			Mittel	ϑ ber.
48	4·1	4·0	4·0	4·0	4·1
52	4·6	4·5	4·6	4·6	4·6
56	4·8	4·9	4·8	4·8	4·8
60	4·5	4·4	4·6	4·5	4·6
64	4·1	4·2	4·1	4·1	4·1

Dabei ist $M = 4{\cdot}8$, $k = 0{\cdot}73 : \frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}76$.

XXX. Versuch.

Hauptdrath 42′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

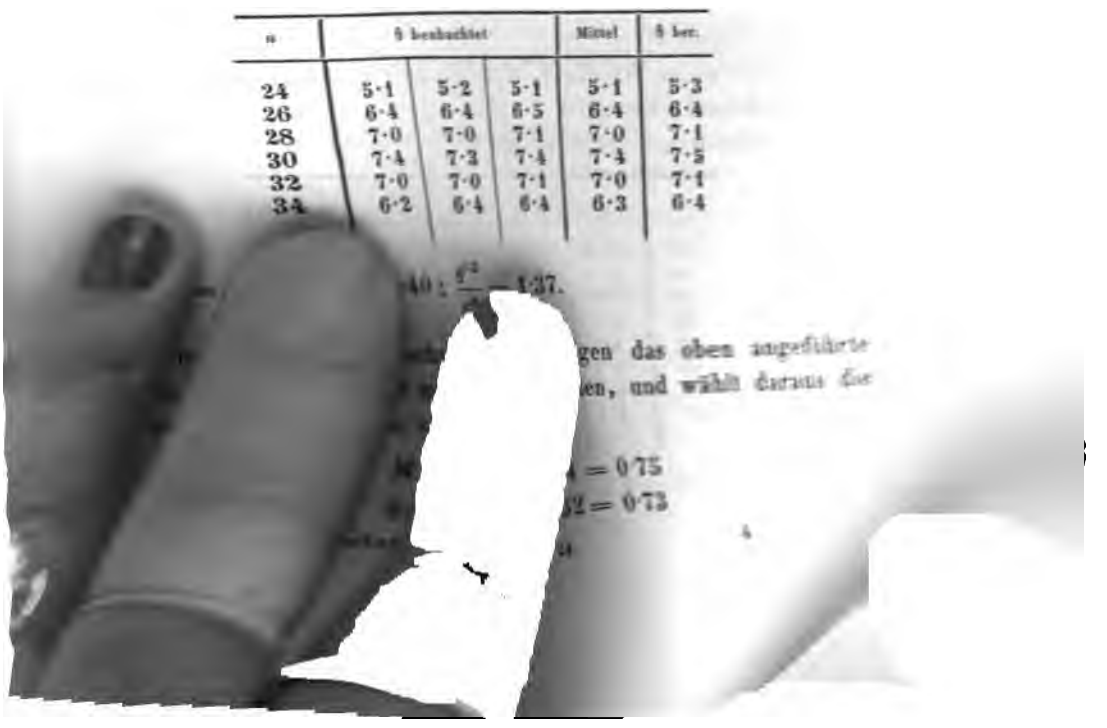
n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
32	4·6	4·4	4·6	4·5	4·6
34	5·3	5·2	5·2	5·2	5·3
36	5·9	5·8	6·0	5·9	5·9
38	6·2	6·3	6·3	6·3	6·3
40	6·4	6·4	6·3	6·4	6·5
42	6·3	6·2	6·2	6·2	6·3
44	5·8	5·9	5·9	5·9	5·9
48	4·6	4·6	—	4·6	4·6

$M = 6{\cdot}5$; $k = 1{\cdot}05$; $\frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}04$.

XXXI. Versuch.

Hauptdrath 42′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 1.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
24	5·1	5·2	5·1	5·1	5·3
26	6·4	6·4	6·5	6·4	6·4
28	7·0	7·0	7·1	7·0	7·1
30	7·4	7·3	7·4	7·4	7·5
32	7·0	7·0	7·1	7·0	7·1
34	6·2	6·4	6·4	6·3	6·4



Ebenso folgt aus der zweiten und dritten Versuchsreihe

$$M : M_1 = 6{\cdot}4 : 7{\cdot}4 = 0{\cdot}86$$
$$q' : q'_1 = 100 : 115 = 0{\cdot}87.$$

Aus der ersten und dritten

$$M : M_1 = 4{\cdot}8 : 7{\cdot}4 = 0{\cdot}65$$
$$q'q_1^2 : q^2 = 96 : 152 = 0{\cdot}63.$$

Diese drei Versuche, welche an einem zu elektrischen Beobachtungen sehr günstigen Tage vorgenommen wurden, geben das Gesetz für gleiche Oberflächen

$$M = m \cdot \frac{q'}{q^2}$$

mit grosser Genauigkeit an.

Nimmt man den ersten dieser drei Versuche als bekannt an, und berechnet daraus das Maximum für die übrigen, so folgt

für den zweiten $M = 6{\cdot}5$

„ „ dritten $M = 7{\cdot}5$.

Diese Werthe sind in der Columne für die berechneten θ eingetragen. Die übrigen Werthe von θ sind nach der Formel:

$$\theta = \frac{M}{A\,(h - kn)^2 + 1}$$

berechnet.

Diese Bemerkungen gelten auch für die nachfolgenden drei Versuchsreihen.

XXXII. Versuch. †

Hauptdrath 30′.

Hauptbatterie Flasche 1, Nebenbatterie Flasche 2.

Funkenmikrometer 10.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
30	3·5	3·4	3·6	3·5	3·6
34	4·5	4·4	4·5	4·5	4·5
36	4·8	4·8	4·8	4·8	4·9
38	5·1	5·0	5·0	5·0	5·1
40	5·2	5·3	5·2	5·2	5·2
42	5·0	5·1	5·1	5·1	5·1
44	4·8	4·9	5·0	4·9	4·9
48	4·4	4·4	4·5	4·4	4·5

$$M = 5{\cdot}2;\ k = 0{\cdot}75;\ \frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}73.$$

XXXIII. Versuch. †

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
24	5·5	5·7	5·8	5·7	5·7
26	6·3	6·3	6·4	6·3	6·4
28	6·9	6·8	6·7	6·8	6·9
30	7·0	7·1	7·1	7·1	7·1
32	6·9	6·9	6·8	6·9	6·9
34	6·4	6·3	6·3	6·4	6·4
36	5·5	5·6	5·7	5·6	5·7

$M = 7{\cdot}1$; $k = 1{\cdot}00$; $\frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}04$.

XXXIV. Versuch. †

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 1.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
28	5·5	5·4	5·5	5·5	5·6
26	6·5	6·8	6·7	6·7	6·7
24	7·6	7·7	7·7	7·7	7·7
22	8·3	8·2	8·3	8·3	8·3
20	8·2	8·4	8·3	8·3	8·3

Diese Versuchsreihe musste unterbrochen werden, weil der Nebendrath schon zu kurz wurde; allein das Maximum ist klar angedeutet für $n = 21$; es ist somit

$$M = 8{\cdot}4;\ k = 1{\cdot}43;\ \frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}37.$$

Aus dem ersten und dritten dieser Versuche folgt:

$$M : M_1 = 5{\cdot}2 : 8{\cdot}4 = 0{\cdot}62$$
$$q'^2 : q^2 = 94 : 152 = 0{\cdot}62$$

also vollkommen übereinstimmend.

Eben so folgt aus dem ersten und zweiten

$$M : M_1 = 5{\cdot}2 : 7{\cdot}1 = 0{\cdot}73$$
$$q'^2 : q'_1 q^2 = 94 : 132 = 0{\cdot}71$$

und aus dem zweiten und dritten

$$M : M_1 = 7{\cdot}1 : 8{\cdot}4 = 0{\cdot}84$$
$$q' : q'_1 = 100 : 115 = 0{\cdot}87$$

Es ist klar, dass diese Differenzen innerhalb der Beobachtungsfehler liegen.

XXXV. Versuch. *

Hauptdrath 36′.
Hauptbatterie Flasche 1, Nebenbatterie Flasche 2.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
38	3·4	3·4	3·5	3·4	3·5
42	4·0	4·2	4·1	4·1	4·2
46	4·7	4·8	4·8	4·8	4·8
50	5·0	5·1	5·0	5·0	5·0
54	4·7	4·7	4·8	4·7	4·8
58	4·2	4·3	4·1	4·2	4·2
62	3·5	3·6	3·5	3·5	3·5

$$M = 5{\cdot}0;\ k = 0{\cdot}72;\ \frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}73.$$

XXXVI. Versuch. *

Hauptdrath 36′.
Hauptbatterie Flasche 1, Nebenbatterie Flasche 4.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
32	1·3	1·4	—	1·3	1·3
42	2·2	2·3	2·3	2·3	2·2
52	3·4	3·4	—	3·4	3·4
62	4·2	4·2	4·3	4·2	4·2
72	3·4	3·3	3·3	3·3	3·4
82	2·2	2·2	—	2·2	2·2

$$M = 4{\cdot}2;\ k = 0{\cdot}58;\ \frac{q'^2}{q^2} = 0{\cdot}55.$$

XXXVII. Versuch. *

Hauptdrath 36′.
Hauptbatterie Flasche 4, Nebenbatterie Flasche 2.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
22	7·2	7·4	7·4	7·3	7·4
24	8·5	8·6	8·6	8·6	8·6
26	9·1	9·2	9·2	9·2	9·2
28	8·5	8·4	8·6	8·5	8·6
30	7·5	7·4	7·5	7·5	7·4

$$M = 9{\cdot}2;\ k = 1{\cdot}38;\ \frac{q'^2}{q^2} = 1{\cdot}33.$$

XXXVIII. Versuch. *

Hauptdrath 36′.
Hauptbatterie Flasche 4, Nebenbatterie Flasche 1.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel	θ ber.
28	4·0	4·1	4·1	4·1	—
26	5·5	5·5	5·6	5·5	—
24	7·5	7·4	7·5	7·5	—
22	9·5	9·6	9·5	9·5	—

Diese Reihe konnte nicht weiter fortgesetzt werden, weil der Nebendrath zu kurz wurde. Allein diese 4 Beobachtungen genügen, um daraus den Werth von M zu berechnen. Setzt man nämlich

$$k = \frac{q'^2}{q^2} = \frac{132}{72} = 1{\cdot}83,$$

so ergibt sich für $n = 28$

$$4{\cdot}1 = \frac{M}{231\,A + 1},$$

für $n = 24$

$$7{\cdot}5 = \frac{M}{62{\cdot}4\,A + 1},$$

und aus diesen zwei Gleichungen

$$A = \frac{34}{4791} = 0{\cdot}0071$$

$$M = 2{\cdot}64 \,.\, 4{\cdot}1 = 10{\cdot}8.$$

Nimmt man hingegen die Beobachtungen für $n = 26$ und $n = 22$, so folgt:

$$5{\cdot}5 = \frac{M}{134{\cdot}6\,A + 1}$$

$$9{\cdot}5 = \frac{M}{18{\cdot}5\,A + 1},$$

und daraus

$$A = \frac{400}{56455} = 0{\cdot}0071$$

$$M = 10{\cdot}7,$$

eine wirklich auffallende Übereinstimmung, welche die Richtigkeit der zu Grunde gelegten Formeln:

$$k = \frac{q'^2}{q^2}$$

$$\theta = \frac{M}{A\,(h - kn)^2 + 1}$$

einerseits, anderseits die Verlässlichkeit der Beobachtungen beweist.

Aus diesen 4 Versuchen folgt das Gesetz mit grosser Genauigkeit. Denn vergleicht man die erste und zweite Versuchsreihe, so ergibt sich

$$M : M_1 = 5{\cdot}0 \;\; : 4{\cdot}2 = 1{\cdot}19,$$

andererseits

$$98 : 85 = 1{\cdot}15.$$

Aus der ersten und dritten Versuchsreihe hat man ebenso:

$$M : M_1 = 5{\cdot}0 : 9{\cdot}2 \;\; = 0{\cdot}54$$

$$q_1^2 : q^2 \;\; = 72 \;\; : 132 = 0{\cdot}55,$$

aus der dritten und vierten

$$M : M_1 = 9{\cdot}2 : 10{\cdot}7 = 0{\cdot}86$$

$$q' : q_1' \;\; = 98 \;\; : 115 = 0{\cdot}85$$

und endlich aus der zweiten und vierten

$$M : M_1 = 4{\cdot}2 : 10{\cdot}7 = 0{\cdot}39$$

$$q'^2 : q^2 \;\; = 61 \;\; : 152 = 0{\cdot}41$$

Alle diese Beobachtungen stimmen mit dem oben angeführten Gesetze überein. Berechnet man aus dem Maximum 5·0 für den ersten dieser vier Versuche jenes für die übrigen, so ergibt sich folgende Zusammenstellung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen:

	M beob.	M berechnet
1. Versuch .	5·0	5·0
2. „ .	4·2	4·3
3. „ .	9·2	9·0
4. „ .	—	10·7 nach $\theta = \frac{M}{A(h-kn)^2+1}$ 10·7 nach $M = m.\frac{q'}{q^2}$

Das eben gefundene Gesetz erfordert noch eine Verallgemeinerung hinsichtlich der Oberflächen, da es in der Form, in der es angeführt wurde, blos für den Fall gleicher Oberflächen gilt.

XXXIX. Versuch. †

Hauptdrath 44′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flaschen 3 und 6.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
20	5·4	5·5	5·6	5·5
22	6·0	5·9	5·9	5·9
24	5·7	5·6	5·6	5·6
26	5·1	5·2	5·1	5·1

$k = 2{\cdot}00$; $\frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'} = 2{\cdot}00$.

XL. Versuch.

Hauptdrath 44′.
Hauptbatterie Flaschen 3 und 6, Nebenbatterie Flasche 2.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
58	1·0	1·0	—	1·0
78	1·7	1·7	1·6	1·7
88	2·1	2·0	2·1	2·1
98	1·9	2·0	1·8	1·9
108	1·5	1·4	1·5	1·5

$k = 0{\cdot}49$; $\frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'} = 0{\cdot}50$.

Aus diesen zwei Versuchen folgert sich mit Leichtigkeit, dass

$$M = \frac{q'}{q^2} \cdot \frac{s}{\sqrt{s'}} \cdot m$$

ist. Denn unter dieser Voraussetzung ist

$$M : M_1 = \frac{q'^2}{q^2} : \frac{s'\sqrt{s'}}{s\sqrt{s}},$$

und da

$$\frac{q'^2}{q^2} = 8$$

$$\frac{s'\sqrt{s'}}{s\sqrt{s}} = \sqrt{8},$$

sofort

$$8 : \sqrt{8} = 2{\cdot}83 \text{ und}$$

$$M : M_1 = 2{\cdot}81$$

was sehr befriedigend ist.

Berechnet man M_1 aus M, so ergibt sich nach dieser Formel

$$M_1 = 2{\cdot}1.$$

XLI. Versuch[1]). *

Hauptdrath 30′.

Hauptbatterie Flaschen 3 und 6, Nebenbatterie Flasche 2.

Funkenmikrometer 10.

Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
56	3·3	3·4	3·3	3·3
60	3·7	3·6	3·6	3·6
64	3·4	3·3	3·4	3·4

[1]) Aus dem XXVII. Versuche wiederholt.

XLII. Versuch. *

Hauptdrath 30′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flaschen 3 und 6.
Funkenmikrometer 10.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

n	θ beobachtet			Mittel
28	2·6	2·6	—	2·6
24	4·1	4·0	4·1	4·1
21	6·1	6·1	6·2	6·1
20	6·6	6·7	6·7	6·7

Diese Beobachtungsreihe konnte nicht fortgesetzt werden, weil der Nebendrath zu kurz wird. Allein, setzt man $k = 2$, und berechnet das Maximum nach der Formel

$$\theta = \frac{M}{A\,(h - kn)^2 + 1},$$

so ergibt sich folgende Rechnung:

$$\text{für } n = 28 : M = (1 + 676\,A)\,.\,2{\cdot}6$$
$$\text{„ } n = 21 : M = (1 + 144\,A)\,.\,6{\cdot}1,$$

woraus

$$A = 0{\cdot}0040 \text{ und}$$
$$M = 9{\cdot}6$$

folgt.

Eben so hat man für $n = 24$

$$M = (1 + 324\,A)\,4{\cdot}1$$

und für $n = 20$

$$M = (1 + 100\,A)\,6{\cdot}7,$$

woraus

$$A = 0{\cdot}0041$$
$$M = 9{\cdot}4$$

sich ergibt.

Man kann somit $M = 9{\cdot}5$ setzen und in die Rechnung einführen. Es muss nun sein

$$M : M_1 = 1 : 2{\cdot}83;$$

aber

$$1 : 2{\cdot}83 = 0{\cdot}35$$
$$M : M_1 = 0{\cdot}38$$

was sehr befriedigend ist.

Diese letzte Rechnung muss zugleich als ein sehr schlagender Beweis für die Richtigkeit der bisher aufgefundenen Gesetze angesehen werden.

Es ergibt sich daraus, dass

$$\theta = \frac{q'}{q^2} \cdot \frac{s}{\sqrt{s'}} \cdot \frac{m}{A\left(h - \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'} n\right)^2 + 1} .$$

Bei allen diesen Versuchen diente das im Hauptdrathe eingeschaltete Funkenmikrometer blos dazu, stets ein und dasselbe Quantum Elektricität (bei denselben Flaschen) durch den Schliessungsbogen zu leiten. Die Distanz der Kugeln des Funkenmikrometers ist aber von wesentlichem Einflusse. Um den Einfluss desselben auf die Ausschläge des Luftthermometers kennen zu lernen, hat man nur zu berücksichtigen, dass in der bisher gefundenen Formel blos m davon abhängig erscheint, und dass daher bei sonst gleichen Umständen θ proportional zu m ist. Bei dieser Untersuchung wird es daher nicht nöthig sein, das Maximum für jede einzelne Beobachtungsreihe aufzufinden, um erst aus den Werthen desselben das betreffende Gesetz abzuleiten.

Was die Grösse A anbelangt, so bin ich nicht in der Lage, über sie etwas Bestimmtes anzugeben. Sie hat an verschiedenen Tagen verschiedene Werthe; aber die Schwierigkeit, sie genau zu definiren, liegt darin, dass die Art und Weise der Versuche, wie ich die angestellt habe, sich bei weitem nicht jener Genauigkeit erfreut, die besonders für diesen Zweck nöthig ist. Man könnte somit den Einwurf erheben, dass möglicherweise A von der Entfernung der Kugeln des Funkenmikrometers abhängig ist, und somit θ nicht m proportional gesetzt werden dürfe. Diesem Einwurfe habe ich dadurch zu begegnen gesucht, dass ich eine solche Länge des Nebendrathes einführte, für welche θ nahe gleich M, d. h. für welche nahe

$$h - kn = 0,$$

somit um so mehr

$$A\,(h - kn)^2 = 0,$$

also eine zu vernachlässigende Grösse wurde.

Nennt man die Distanz der Kugeln des Funkenmikrometers d, so ergab sich folgender Versuch:

XLIII. Versuch.

Hauptdrath 34′.
Nebendrath 32′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

d	θ beobachtet			Mittel
4	0·8	0·9	0·8	0·8
6	1·6	1·6	1·7	1·6
8	2·1	2·3	2·3	2·2
12	4·7	4·8	4·9	4·8

Man ersieht schon aus dieser kurzen Beobachtungsreihe, dass θ weder d selbst noch d^2 proportional gesetzt werden kann. Allein nimmt man

$$\theta = a \,.\, \sqrt{d^3}$$

an, wobei a eine Constante bedeutet, so ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung; denn es müsste dann

$$8 : 22 = 1 : 2{\cdot}83$$

und

$$16 : 48 = 1 : 2{\cdot}83$$

sein, was in der That hinlänglich eintrifft, da

$$\begin{aligned} 8 : 22 &= 0{\cdot}35 \\ 16 : 48 &= 0{\cdot}33 \\ 1 : 2{\cdot}83 &= 0{\cdot}35 \end{aligned}$$

ist.

Um dieses Gesetz genauer zu prüfen, schaltete ich ein anderes, von Kleiner in Berlin verfertigtes, weit empfindlicheres Lufthermometer ein, welches genau nach den Angaben von Riess construirt ist. Ich erhielt folgende Beobachtungsreihe.

XLIV. Versuch.

Hauptdrath 34′.
Nebendrath 32′.
Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

d	θ beobachtet			Mittel
2	3·3	3·2	3·3	3·3
3	5·5	5·4	5·5	5·5
4	8·2	8·2	8·2	8·2
6	13·6	13·7	13·6	13·6
8	20·1	19·9	19·9	20·0
9	22·7	22·9	23·1	22·9
10	27·7	27·1	26·8	26·9
12	33·0	33·4	34·0	33·5

Ist nun obige Formel richtig, so sollten allgemein die Ausschläge für d und $2d$ sich so verhalten, wie $1 : 2{\cdot}83 = 0{\cdot}35$; allein man erhält statt dessen:

$$33 : 82 = 0{\cdot}40$$
$$55 : 136 = 0{\cdot}40$$
$$82 : 200 = 0{\cdot}41$$
$$\text{etc.},$$

Zahlen, welche alle zu gross sind, und mit einander auffallend übereinstimmen.

Der Grund dafür liegt in dem Umstande, dass bei dem Funkenmikrometer, welches ich benützte, der Nullpunkt der Scala fehlerhaft angegeben war; denn setzt man z. B.

$$\sqrt{(2+x)^3} : \sqrt{(4+x)^3} = 33 : 82\,,$$

so ergibt sich

$$x = 0{\cdot}62.$$

Ebenso folgt aus der Proportion

$$\sqrt{(3+x)^3} : \sqrt{(6+x)^3} = 55 : 136$$
$$x = 0{\cdot}61\,;$$

und in der That, eine genauere Prüfung des Instrumentes ergab

$$x = 0{\cdot}50\ ^1).$$

---

[1]) Diese Correction ist allen früheren Angaben für das Funkenmikrometer beizufügen, namentlich den Versuchen VIII — XVI, welche auch hieher gehören.

Fügt man also diese Correction zu allen Werthen von d, so erhält man folgende Zusammenstellung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von θ:

d	θ beob.	θ ber.
2·5	3·3	3·3
3·5	5·5	5·4
4·5	8·2	7·9
6·5	13·6	13·7
8·5	20·0	20·6
9·5	22·9	24·3
10·5	26·9	28·2
12·5	33·5	36·7

Dabei wurde $a = 0{\cdot}83$ angenommen, und die Rechnung nach der Formel

$$\theta = a \,.\, \sqrt{d^3}$$

geführt.

Man sieht, dass die berechneten Werthe von θ mit den beobachteten so lange stimmen, als diese nicht zu gross werden. Sind diese aber gross genug, so bleiben die beobachteten hinter den berechneten zurück. Der Grund davon kann ein doppelter sein; entweder ist die obige Formel nur approximativ, und die genauere

$$\theta = a\sqrt{d^3} \,.\, \{1 - d\lambda + \ldots\};$$

oder die Werthe von θ hören auf, verlässlich zu sein, wenn sie eine gewisse Grösse überschreiten. Ich will in diese beiden Fälle etwas genauer eingehen.

Nimmt man an, dass sich die Relation zwischen θ und d durch die Formel

$$\theta = a\sqrt{d^3} \,.\, \{1 - d\lambda + \mu d^3 - \ldots\}$$

ausdrücken lasse, wobei $\lambda, \mu, \ldots$ sehr rasch abnehmende, erst zu bestimmende Coëfficienten bezeichnen, so überzeugt man sich leicht, dass zwischen den berechneten und beobachteten Werthen von θ eine befriedigende Übereinstimmung eintritt. In der That hat man, wenn man das dritte Glied der Reihe

$$1 - \lambda d + \mu d^3 - \ldots$$

nicht mehr berücksichtigt, für $\lambda = 0{\cdot}0090$, $a = 0{\cdot}855$ folgende Zusammenstellung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen von θ:

d	θ beob.	θ ber.
2·5	3·3	3·3
3·5	5·5	5·4
4·5	8·2	7·9
6·5	13·6	13·3
8·5	20·0	19·6
9·5	22·9	23·4
10·5	26·9	26·3
12·5	33·5	33·6

Diese Tabelle zeigt eine befriedigende Übereinstimmung zwischen den Resultaten der Beobachtung und der Rechnung. Durch Hinzufügung des Gliedes μd^3 könnte man die Genauigkeit noch weiter treiben.

Dieselben Bemerkungen gelten auch für die nachfolgenden Beobachtungsreihen, in welchen die Correction $x = 0{\cdot}5$ für das Funkenmikrometer schon mit einbegriffen ist.

XLV. Versuch.

d	θ beobachtet			Mittel	θ ber. nach $\theta = a\sqrt{d^3}$
2	2·7	2·7	—	2·7	2·7
3	5·3	5·2	5·2	5·2	5·0
4	7·9	8·0	8·0	8·0	7·7
5	11·0	10·9	10·9	10·9	10·7
6	14·3	14·3	14·4	14·3	14·0
8	21·8	21·7	21·8	21·8	21·6
9	25·5	25·1	25·3	25·3	25·8
10	29·0	29·3	29·2	29·2	30·2

Für die Berechnung wurde $a = 0{\cdot}954$ angenommen. In dieser Beobachtungsreihe ist die kürzere Formel

$$\theta = a\sqrt{d^3}$$

schon hinreichend. Die Beobachtung konnte nicht fortgesetzt werden, weil in Folge der feuchten Witterung das Funkenmikrometer keine grösseren Funken gab.

XLVI. Versuch.

Hauptdrath 34′.

Nebendrath 32′.

Hauptbatterie Flasche 2, Nebenbatterie Flasche 3.
Distanz der parallelen Dräthe 4.

$$a = 0{\cdot}675.$$

d	θ beobachtet			Mittel	θ ber. nach $\theta = a\sqrt{d^3}$
2	2·1	2·0	1·9	2·0	1·9
3	3·5	3·6	3·5	3·5	3·5
4	5·5	5·3	5·3	5·4	5·4
5	7·7	7·8	7·8	7·8	7·5
6	9·5	9·7	9·7	9·6	9·9
8	13·9	14·1	14·3	14·1	15·3
9	17·3	17·3	—	17·3	18·2
10	19·3	19·3	—	19·3	21·3
12	25·0	25·2	25·4	25·2	28·1
14	30·4	30·9	30·6	30·6	35·4
15	34·2	—	—	34·2	39·2

Berechnet man hingegen nach der Formel

$$\theta = a\sqrt{d^3} \cdot \{ 1 - \lambda d \},$$

so hat man

$$a = 0{\cdot}696$$
$$\lambda = 0{\cdot}011,$$

somit folgende Zusammenstellung:

d	θ beob.	θ ber.	d	θ beob.	θ ber.
2	2·0	1·9	9	17·3	16·9
3	3·5	3·5	10	19·3	19·6
4	5·4	5·3	12	25·2	25·1
5	7·8	7·5	14	30·6	30·8
6	9·6	9·6	15	34·2	33·8
8	14·1	14·4			

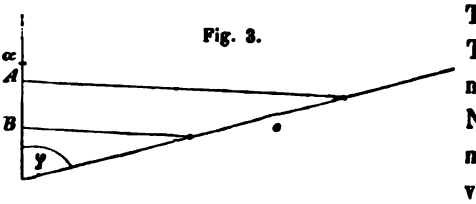
Es gibt jedoch noch einen zweiten Standpunkt, von dem aus sich die oben erwähnten Differenzen erklären lassen.

Riess hat in seinem classischen Werke: „Die Lehre von Reibungselektricität", so wie auch in den Annalen von Poggendorff, Band 41, die Theorie des Luftthermometers für den Fall gegeben, wo das Niveau in dem Weingeistbehälter als constant betrachtet und die Wärmeausstrahlung während des eine messbare Zeit dauernden Ausschlages vernachlässigt werden darf. Diese Beschränkungen sind offenbar für die meisten Fälle statthaft, wenn nämlich die Werthe

von θ eine gewisse Grösse nicht übersteigen, müssen aber für diesen letztern Fall etwas genauer untersucht werden.

Bedeutet nämlich b den Barometerstand, t die Temperatur der Luft und des Platindrathes vor der Erwärmung, p' den Druck, t' die Temperatur der Luft, T die Temperatur des Drathes nach der Erwärmung, φ den Neigungswinkel der Thermometerröhre gegen eine verticale Linie (Fig. 3), so wird der durch die Erwärmung der Luft um $t' - t$ hervorgebrachte Luftdruck durch die Weingeistsäule AB gemessen, wenn das Niveau in A als constant betrachtet wird.

Fig. 3.



Es ist dann bekanntlich

$$p' - b = b \cdot \frac{t' - t}{a},$$

wobei a eine Constante bedeutet, und

$$p' = (b + \frac{\cos\varphi}{n}\theta)\ (1 + \frac{\theta}{v}),$$

worin v das Volumen des Thermometers, n das Verhältniss des specifischen Gewichtes des Quecksilbers zu jenem des Weingeistes bedeutet.

Berücksichtigt man aber die Änderung des Niveau's Aa, so hat man offenbar den Druck der kleinen Säule Aa noch hinzuzufügen, und es ergibt sich

$$p' = (b + \frac{\cos\varphi}{n}\theta + \frac{r^2}{R^2} \cdot \frac{1}{n}\theta)\ (1 + \frac{\theta}{v}),$$

wenn man nämlich den Halbmesser der thermometrischen Röhre mit r, jenen des Gefässes mit R bezeichnet. Daraus folgt

$$(b + \frac{\cos\varphi + \frac{r^2}{R^2}}{n}\theta)\ (1 + \frac{\theta}{v}) - b = b \cdot \frac{t' - t}{a},$$

oder wenn man der Kürze halber

$$\frac{\cos\varphi + \frac{r^2}{R^2}}{u} = f$$

setzt, und die Gleichung für θ auflöst

$$\theta = -\frac{vf+b}{2f} + \frac{vf+b}{2f}\left\{1 + \frac{4vb}{f}\cdot\frac{4f^2}{(vf+b)^2}\cdot\frac{t'-t}{a}\right\}^{1/2};$$

entwickelt man diese Potenz in eine unendliche Reihe, so wird diese sehr convergiren und man hat

$$\theta = \frac{4vb}{(4f+b)}\cdot\frac{1}{a}\cdot(t'-t).$$

Behält das Luftthermometer beständig dieselbe Neigung, so ist f eine constante Grösse; man weiss ferner aus den Untersuchungen von Riess, dass b und a als constant betrachtet werden können, somit ist der ganze zu $t'-t$ gehörige Factor constant und θ der Erwärmung der Luft proportional. Die Erwärmung des Platins $T-t$ ist aber der Erwärmung der Luft proportional, so lange man an dem Apparate nichts ändert. Es folgt daraus, dass

$$\theta = C(T-t),$$

wobei C eine Constante ausdrückt. Der Ausschlag des Luftthermometers ist daher selbst in dem Falle, wo man eine Niveauveränderung annimmt, der Erwärmung des Platindrathes proportional.

Es hat somit dieser Umstand keinerlei Einfluss auf die beobachteten Werthe von θ, auch wenn diese sehr gross werden, so lange man blos ihre relativen Werthe untersucht. Anders verhält es sich mit dem Wärmeverluste während der Verschiebung des Weingeistes in der Thermometerröhre.

Man kann annehmen, dass der in einem kleinen Zeittheilchen eintretende Wärmeverlust der Zeit und der vorhandenen Wärme proportional ist. Daraus ergibt sich die Bedingungsgleichung

$$d\theta = -\beta\theta dt$$

oder integrirt

$$l\theta = -\beta t + \text{Const.}$$

Für $t = o$ sei $\theta = \Theta$, wo also Θ die gesammte durch Induction erzeugte Wärme bedeutet, mithin

$$l\Theta = \text{Const.}$$

und

$$l\left(\frac{\theta}{\Theta}\right) = \beta t.$$

Daraus ergibt sich

$$\theta = \Theta \cdot e^{\beta t} = \Theta\left(1 + \beta t + \frac{\beta^2 t^2}{1\cdot 2}\ldots\right).$$

Die Bestimmung des Coëfficienten für den Wärmeverlust bietet grosse Schwierigkeiten. Nimmt man nach wahrscheinlichen Werthen in einem speciellen Falle

$$\text{für } t = 5 \;,\; \theta = 30$$
$$\text{„ } t = 95 \;,\; \theta = 2 \;,$$

so ergibt sich

$$l\,30 = -\;5\beta + C$$
$$l\;2 = -\;95\beta + C \;,$$

und daraus

$$\beta = 0{\cdot}030.$$

Es ist somit

$$\theta = \theta \,.\, e^{0{\cdot}030\,t} = 1{\cdot}172\,\theta$$

und für $\theta = 30$ sofort

$$\theta = 35{\cdot}2.$$

Vergleicht man diesen so corrigirten Werth von θ mit jenem im XLVI. Versuche vorkommenden, nach der Formel $\theta = a\sqrt{d^3}$ berechneten Werth 35·4, so ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung; denn für

$$\theta = 30{\cdot}6$$

wäre unter gleichen Umständen

$$\theta = 35{\cdot}9 \;,$$

und es würde somit die ganze auffallende Differenz auf die Correction entfallen. Es folgt daraus, dass man wenigstens innerhalb der Grenzen der Genauigkeit, die man hier erreichen kann

$$\theta \,.\, e^{\beta t} = a\sqrt{d^3} \;,$$

d. h.

$$\theta = a\sqrt{d^3}$$

und

$$e^{\beta t} = 1 + d\lambda$$

setzen darf.

Der in Bezug auf den Wärmeverlust corrigirte Werth von θ ist somit der Quadratwurzel aus der dritten Potenz der Entfernung der Kugeln des Funkenmikrometers direct proportional.

Bezüglich des Coëfficienten β kann ich vorläufig nur Unbestimmtes aussagen; er ist für kleine Ausschläge sehr klein; somit fällt für diese die Correction weg.

Die vorhergehenden Versuche haben dargethan, dass sich die Grösse λ mit hinreichender Schärfe bestimmen lässt; daher kann der corrigirte Werth θ mittelst der Formel

$$\theta = \theta . (1 + d\lambda)$$

bestimmt werden. Es wird jedoch rathsam sein, die Werthe von θ nicht so gross werden zu lassen, weil denn doch diese Bestimmungsweise noch schwankend ist. Für kleinere Werthe von θ gilt übrigens die Relation

$$\theta = a . \sqrt{d^3}$$

hinreichend scharf.

Fasst man nun das Problem des inducirten Stromes der Nebenbatterie ganz allgemein auf, und bezeichnet die parallelen Dräthe mit p, p', ihre Distanz mit Δ, so folgt, wenn durchgehends nur einerlei Drath angewendet wird:

$$\theta = f(p, p', \Delta, q, q', s, s', h, n, d).$$

Die Form dieser Function habe ich theilweise bestimmt; wenn nämlich noch das von Hrn. Knochenhauer angegebene Gesetz [1]), dass die Maxima sich umgekehrt verhalten wie die angewendeten Hauptdräthe, hinzugefügt wird, so ergibt sich

$$\theta = \frac{q'}{q^2} \cdot \frac{s}{\sqrt{s'}} \cdot \frac{1}{h} \cdot \frac{a}{A\left(h - \frac{q'^2}{q^2} \cdot \frac{s}{s'} n\right)^2 + 1} \cdot \sqrt{d^3},$$

wobei a noch die Grössen p, p', Δ und den Feuchtigkeitscoëfficienten enthält.

Diesen noch übrigen Theil der Aufgabe habe ich auf diesem Wege nicht zu lösen versucht, weil ich die Form der Function keineswegs für so einfach halte, als dass sie sich empirisch auffinden liesse. Denn, bezeichnet r die Distanz zweier Stromtheilchen dp, dp', φ den Winkel, den sie mit ihrer Verbindungslinie bilden, $\frac{di}{dt}$ die entsprechende Änderung der Intensität, so ist diese Function durch die Form

$$\iint \frac{dp . dp'}{r^m} f(\varphi) \cdot \frac{di}{dt}$$

[1]) Vergl. Versuch XVII, XVIII.

angegeben. Dieses Doppelintegral gibt aber selbst für die einfachsten Werthe von m und $f(\varphi)$ eine viel zu verwickelte Form, als dass man sie durch blosse Versuche in dem Sinne, welcher dieser Abhandlung zu Grunde liegt, auffinden könnte.

Ich hoffe indess, auf einem andern Wege zur Kenntniss dieser Function zu gelangen.

Es gereicht mir schliesslich zum Vergnügen, meinen Freunden, den Herren E. Mach und J. Peterin, Eleven am kais. kön. physicalischen Institute, für die thätige Hilfe, die sie mir bei der Durchführung dieser Arbeit leisteten, meinen wärmsten Dank öffentlich aussprechen zu können.

Beiträge zur Kenntniss der Arachniden.

Von **Prof. Dr. F. A. Kolenati.**

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 20. Mai 1858.)

OHR-EIMILBEN.

Genus: **Otonyssus** Kolenati.

Der Körper hochgewölbt cylindrisch, an beiden Enden abgerundet, sehr weich, im Leben lebhaft, meist roth gefärbt, die Färbung nicht vom durchscheinenden Blute herrührend, der Leibesinhalt immer milchig weiss, die Haut durchaus mit feinen Querriffen versehen und mit wenigen scharfschnittigen, starken, an der Spitze stumpfen Gliederborsten besetzt, ohne Schildchen und ohne Verdickungen, der After endständig, die Genitalienöffnung in der Richtungslinie des dritten fehlenden Fusspaares, der Kopf kurz kegelförmig, hinter demselben an der Rückenseite zwei und an demselben an der Unterseite zwei einfache Augen, die Fühler länglich, cylindrisch-kegelförmig, viergliederig, das Endglied gespalten und dessen innerer Theil abziehbar (scheerenartig, *antennae apice chelatae*), die Fühler und Füsse in ihren Gliederungen mit kranzartig gestellten zweiseits gefiederten Spitzborsten besetzt, der Saugapparat verkehrtkegelförmig (mit dem breiteren Ende nach vorne gerichtet), das Ende haftscheibenartig mit einem Kranze feiner Häkchen besetzt, darin die Saugorgane, Palpen und Maxillen verborgen, die Füsse alle in der vorderen Hälfte des Körpers eingelenkt, das fehlende dritte Fusspaar lässt zwischen dem zweiten und vierten eine Lücke, die Füsse überall gleich stark, achtgliederig, die Glieder fast rosenkranzförmig, die Klauen einfach und bogig, zwischen und etwas oberhalb denselben eine lange, ebenso bogige klauenartige, rückschlagbare

Pelotte. Bewohnen vorwaltend die inneren Ohrränder, seltener die Körperhaut kleiner Säugethiere, als der Rosoren und Chiroptern, sitzen festgeklammert mit fast senkrecht aufgerichtetem Leibe in zierlichen, dichtgedrängten Colonien, zu 50—60 neben einander, und sehen abgelegten Eierchen täuschend ähnlich; nur die an der Körperhaut oder Flughaut vorkommenden sind weniger gehäuft, sondern mehr zerstreut.

Anmerkung. Die Körperhaut der Ohreimilben ist überall ausdehnbar, die Fühler sind länger als der Saugkegel und stehen von demselben ab, die Blinddärme niemals sichtbar und niemals bis in die Füsse reichend. In der Lebhaftigkeit der Farbe hat die Gattung Otonyssus einige Ähnlichkeit mit den Gattungen *Caligonus*, *Amonia* und *Eupalus* des Koch; bei Caligonus ist jedoch der Körper vorne und hinten zugespitzt, bei den beiden anderen Gattungen sind dagegen die Fühler sehr lang und bei Amonia nebstdem ein eben so langer spitzkegeliger Saugapparat vorhanden. Die zwei Stigmen der Ohreimilben liegen, wie bei den Ixodiden, Gamasiden, Cariden zur Seite der Mittelquerlinie des Körpers, hinter dem letzten Fusspaare, in einer etwas seichten Einbuchtung; nur sind sie nicht, wie bei den Ixodiden, mit einem hornartigen Hof umgeben. Bis jetzt sind mir alle beschriebenen Arten der Ohreimilben sechsbeinig, sehr selten achtbeinig vorgekommen. Sie dürften mit den Kreiselmilben (Peplonyssus) eine eigene Rotte im System der Arachniden, die Rotte der Rundmilben, *Sphaeronyssida*, bilden und zwischen die Cariden oder Dermanyssen und Ixodiden zu stellen sein. Alle Arten der Ohreimilben können nur zuverlässig nach der Textur der Leibesborsten unterschieden werden, da ihnen andere unterscheidende Merkmale in der Zeichnung oder Sculptur abgehen, und müssen bei einer geringen Vergrösserung unter dem Mikroskope betrachtet werden. Beim Abnehmen einer solchen Eimilbe von den Ohren muss man vorsichtig sein, indem sie beim geringsten Drucke platzt; am besten geschieht es mittelst einer sehr feinen Spitzpincette. Beim Aufbewahren in Weingeist verlieren die Ohreimilben alle ihre lebhafte Farbe und werden nach und nach ganz weiss; beim Aufkleben behalten sie ihre Farbe, trocknen aber zu sehr ein.

1. Art Otonyssus flavus Kolenati, die umschnürte Ohrelmilbe.

Taf. I, Fig. 1 und 2.

1. Von der Rückenseite.
2. Die Leibesborste.

Marillengelb, der Körper in der Mitte der Quere umschnürt, vorne und hinten breit zugerundet, an der Oberseite sehr schütter siebenreihig beborstet, in der Analgegend 5 kurze und jederseits in einer Grube eine längere Borste, an der Unterseite in der hinteren Leibeshälfte nur jederseits 4 in einem Bogen stehende kurze Borsten, die Borsten säbelförmig gebogen, an der Basis nicht verengert, nicht sehr vortretend schief gliederschnittig, die Schnitte an der convexen Seite etwas spitzwinkelig vorstehend, die Borstenspitze einfach, etwas zugestumpft.

Länge des Körpers 0·0007 Pariser Meter.

Aufenthalt. An der Körperhaut des *Cateorus serotinus* Daub. in Mähren, Böhmen, Österreich. Ich fand an einem einzigen Weibchen von Serotinus über 200 Exemplare dieser Otonyssen-Art.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, in der k. Universitätssammlung zu Berlin im British Museum zu London, im k. naturhistorischen Museum zu Kopenhagen, im zoologischen Cabinet der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, in Museum der kaiserl. Universität zu Moskau. (Kolenati!)

1. Art. Otonyssus puniceus Kolenati, die purpurrothe Ohrelmilbe.

Taf. I, Fig. 3 und 4.

Purpurroth, glänzend, der Körper lang, fast cylindrisch, vorne und hinten eiförmig zugerundet, an der Oberseite mit drei Reihen und nach hinten mit vier langen Gliederborsten, am Rande des Körpers mit zehn Borsten, zwei äusseren längeren und zwei inneren kürzeren Analborsten, an der Unterseite mit fünf Querreihen Gliederborsten, die Borsten etwas säbelförmig gekrümmt, an der Basis verschmälert, nicht bis an die Wurzel, sondern nur drei Viertheile querglieder-

schnittig, die Schnitte an der convexen und concaven Seite mit langen Spitzen versehen, die Borstenspitze einfach spitz.

Länge des Körpers 0·0006 Pariser Meter.

Vorkommen. An den Ohren oder auch dem Dactylopatagium des *Cateorus serotinus* Daub., doch immer selten, in Österreich, Böhmen, Mähren.

Typen. In der Originalsammlung des Verfassers, in der königl. Universitätssammlung zu Halle, Berlin und im Kopenhagener Museum. (Kolenati!)

3. Art. **Otonyssus aurantiacus** Kolen., die orangefarbige Ohrenmilbe.

Taf. I, Fig. 5 u. 6.

Orangegelb oder safrangelb, glänzend, der Körper fast cylindrisch, kurz, vorne und hinten stumpf zugerundet, an der Ober- und Unterseite mit zerstreut stehenden, am Rande mit etwas dichter stehenden langen Gliederborsten besetzt, die Borsten säbelförmig gekrümmt, an der Basis nicht verschmälert, bis an die Basis tiefbogig gliederschnittig, die Schnitte an der convexen Seite mit längeren und schärferen Spitzen auslaufend als an der concaven Seite, die Borstenspitze einfach und etwas abgestumpft.

Länge des Körpers 0·00065 Pariser Meter.

Vorkommen. In ganz Europa, an den Ohren des *Plecotus auritus* Linné, des *Synotus barbastellus* Daub. und des *Brachyotus mystacinus* Leisl., sehr häufig an ersteren zwei genannten Arten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hofnaturalien-Cabinet zu Wien und in den öffentlichen Naturalien-Cabineten zu Berlin, München, Kopenhagen, Stockholm, St. Petersburg, Moskau, Stuttgart, Christiania, Würzburg, Jena, Dorpat. (Kolenati!)

4. Art. **Otonyssus orthotrichus** Kolen., die geradborstige Ohrenmilbe.

Taf. II, Fig. 1 u. 2.

Licht kirschroth, glänzend, der Körper vorne eiförmig-, hinten abgestumpft-zugerundet, an den Seiten gerade, an der Ober- und Unterseite mit 5 Querreihen schütter stehender, am Rande etwas

dichter stehender langer Gliederborsten, die Borsten gerade, an der Basis nicht verengert, bis an die Basis etwas schief quergliederschnittig, die Schnitte etwas winkelig vorstehend, die Borstenspitze stumpf.

Länge des Körpers 0·0007 Pariser Meter.

Vorkommen. An den Ohren des *Rhinolophus clivosus* Cretschm. in Ägypten, sehr selten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

Anmerkung. Hier wäre der *Otonyssus macrotrichus* Kolenati. (Ent. Monatschr. 1858, Nr. 3, S. 88, Fig. 5—11) einzuschalten.

5. Art. **Otonyssus pinnipes** Kolenati, **die langborstige Ohreimilbe.**

Taf. II, Fig. 3 u. 4.

Citronengelb, wenig glänzend, der Körper lang, vorne spitzeiförmig-, hinten kugelförmig-zugerundet, an den Seiten etwas flach ausgeschweift, an der Oberseite mit zerstreuten, am Rande mit sehr schütter stehenden langen Gliederborsten, an der Unterseite in der Mitte mit kurzen, in drei nahen Bogenreihen und dann hie und da zerstreut stehenden längeren Gliederborsten, die Borsten stark säbelförmig gekrümmt, an der Basis verschmälert, bis an die Basis, doch gegen dieselbe zunehmend höher quergliederschnittig, die Schnitte nach der concaven Seite der Borste vorgezogen spitzwinkelig, die Borstenspitze abgestumpft.

Länge des Körpers 0·0007 Pariser Meter.

Vorkommen. An den Ohren des *Rhinolophus hipposidersos* Becbst. in ganz Europa, nicht häufig, dagegen wenn er vorkömmt oft zu 100 Stück in einer Colonie.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers und im k. k. Hofnaturalien-Cabinet zu Wien, dann zu Berlin und Kopenhagen. (Kolenati!)

6. Art. **Otonyssus sticholasius** Kolen., **die reihenborstige Ohreimilbe.**

Taf. I, Fig. 7—11.

9. Die Fiederborste von den Fühlern.
8. „ vergrösserten chelirten Fühler.
11. „ Klauen mit der Pelotte.

Tief kirschroth, matt, der lange Körper vorne eiförmig-, hinten kugelförmig-zugerundet, an den Seiten fast gerade, fast gar nicht

ausgebaucht, an der Ober- und Unterseite mit vier Querreihen langer, am Seitenrande mit weit von einander abstehenden, am Hinterrande mit gezweiten langen Gliederborsten besetzt, die Borsten säbelförmig gekrümmt, an der Basis verschmälert, bis an die Basis etwas schief quer gliederschnittig, die Schnitte wenig vorstehend, die Borstenspitze wenig stumpf.

Länge des Körpers 0·0005 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Dactylopatagium des *Nannugo pipistrellus* Daub. und *Nathusii* Keys. Blas., selten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers und im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien. (Kolenati!)

DIE KREISELMILBEN.

Genus: **Peplonyssus** Kolenati.

Der Körper kreiselförmig, brodlaibartig oder münzenförmig weich, meist dunkelroth oder rothbraun, die Färbung vom durchscheinenden Blute herrührend, die Haut durchaus mit feinen Querriffen versehen und mit sehr wenigen, meist nur am Leibesrande sitzenden, gliederschnittigen, sehr starken, an der Spitze stumpfen und gespaltenen Borsten besetzt, ohne Kopfschildchen, mit einer Hautverdickung, der After fast central, die Genitalienöffnung etwas über die Richtungslinie des dritten stets anwesenden Fusspaares hinaus, das vierte Fusspaar fehlt, der Kopf breit kegelig-dreieckig, an demselben oben und unten jederseits ein einfaches Auge, die Fühler länglich, fast cylindrisch, am Ende spitz, viergliedrig, das letzte Glied nicht chelirt, sondern nur zwei genäherte Borsten tragend, die Fühler und Füsse in ihren Gliederungen mit kranzartig angeordneten gleichartig mit den Körperborsten organisirten steifen Borsten besetzt, der Saugapparat stumpf-kegelförmig (mit dem schmälern Ende nach vorne gerichtet), an den Seitenrändern gesägt, mit verwachsenen Palpen, die Füsse alle im vorderen Drittel des Leibes eingelenkt, ohne eine Lücke zwischen den drei Fusspaaren, die Füsse überall gleich stark, schlank, achtgliederig, nicht rosenkranzartig, die Klauen einfach und bogig, dazwischen breite, kurze dreieckige, weiche Pelotten. Bewohnen nur die Körperhaut

kleiner Säugethiere, namentlich der Chiroptern, sitzen festgeklammert zerstreut.

Anmerkung. Die Körperhaut der Kreiselmilben ist vertical wenig ausdehnbar, dagegen horizontal nach allen Richtungen, die Fühler sind wenig länger als der Saugkegel und stehen von demselben ab, die Blinddärme sind sichtbar, sie laufen meist strahlenförmig aus einander, reichen aber nicht in die Füsse, ja erreichen sogar den Körpersaum nicht, die Hautverdickung ist oft vom Kopf entfernt. Die Kreiselmilben bilden das Übergangsglied von den Ohreimilben zu den Zecken. Ich habe noch nie eine achtbeinige Kreiselmilbe beobachtet, obgleich ich hunderte gesammelt.

1. Art. **Peplonyssus seminulum** Kolen., die linsenförmige Kreiselmilbe.

Taf. III, Fig. 1—3.

1. Von der Rückenseite.
2. „ „ Bauchseite.
3. Die Borste.

Linsenförmig, gelbbraun, oben höher gewölbt, mit ziemlich scharfem Rande, die kleine obere cirkelrunde Hautverdickung nahe am Centrum, von welcher wellige Falten auslaufen und die Vertheilung der Blinddärme andeuten, an der Unterseite in derselben Region zwei solche Hautverdickungen, von welchen ebenfalls wellige Falten, besonders zwei nach hinten verlaufen, der Körperrand mit 9 Borsten besetzt, die Borsten nur an der Spitze mit einer einzigen Gliederung, das Endglied der Borste dreispitzig.

Länge des Körpers: 0·002 Pariser Meter.

Vorkommen. An den Ohren und der Körperhaut der *Nycteris thebaica*. Geoffroy, in Ägypten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

2. Art. **Peplonyssus cruciplica** Kolen., die kreuzfaltige Kreiselmilbe.

Taf. III, Fig. 4—6.

Münzenförmig, nach vorne etwas über das Kreiselförmige hinaus, mit erhabenen, dicken Rändern, dunkel-kirschroth, oft auch im Leben weiss, an der Oberseite zu jeder Seite des Kopfes eine in einer andern Richtung in der Substanz kerbfaltige Wulst, sonst keine

Hautverdickung mehr, die Blinddarmfalten laufen oben und unten von einer centralen Kreuzfalte nach dem Rande strahlenförmig aus und gabeln sich am Ende, der Körper oben, nicht weit vom Rande, in der Richtungslinie aller Fusseinlenkungen jederseits mit 4, am Rande selbst mit 10 Borsten, an der Unterseite um die centrale Analöffnung 14 in einem nach hinten convexen Bogen stehende sehr kurze Borsten, die Borsten bis an die Basis mit 4 spitzigen Gliederschnitten, das stumpfe Ende der Borste ist dreispitzig.

Länge des Körpers: 0·0015 Pariser Meter.

Vorkommen. An der Körperhaut des *Nannugo pipistrellus* Daub., welcher in den engsten Felsspalten der Bejči skala in Mähren überwintert, so häufig, dass ich an einem Weibchen 45 Stück gefunden.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, im British Museum zu London, im zoologischen Cabinet der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, im königl. Museum zu Kopenhagen, Stuttgart, im Universitätsmuseum zu Moskau und Dorpat. (Kolenati.)

3. Art. **Peplonyssus moneta** Kolen., **die weissrandige Kreiselmilbe.**

Taf. III, Fig. 7—9.

Kreiselrund, rothbraun, mit weissem scharfen Rande, der Körper gegen den Kopf etwas vorgezogen und der Quere nach abgestutzt, an der Oberseite in der Richtungslinie zwischen dem dritten Fusspaar eine länglich-ovale schildartige Hautverdickung, oben und unten vom Centrum des Körpers 26 strahlig auslaufende Blinddarmrunzeln, welche hie und da am Ende gabelig sind und nicht bis zum Rande reichen, an der Rückenseite nur nach vorne nahe am Rande, jederseits 4, am übrigen Rande 6 Borsten, an der Bauchseite um die fast centrale Analöffnung 12 kurze im Kreise gestellte Borsten und daselbst ein breiter hufeisenförmiger weisser Fleck, die Borsten gegen die Spitze etwas verdickt, schief quer-gliederschnittig ohne Seitenspitzen, das stumpf abgerundete Ende der Borste fünfspitzig.

Länge des Körpers 0·00018 Pariser Meter.

Vorkommen. An der Körperhaut des *Rhinolophus hipposideros* Bechst. der mährischen Höhlen, immer sehr selten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

4. Art. **Peplonyssus ptychodes** Kolen., **die vielfaltige Kreiselmilbe.**

Taf. III, Fig. 10—12.

Kreiselförmig, blutroth, gegen den Kopf etwas vorgezogen und der Quere nach gerade abgestutzt, an der Oberseite hinter der Richtungslinie des dritten Fusspaares eine länglich-ovale schildartige Hautverdickung, von welcher oben und auch aus diesem Punkte unten, einfache Blinddarmfalten mehr nach hinten strahlig auslaufen, welche den Rand oben nicht, unten dagegen erreichen, an der Rücken- und Bauchfläche keine Borsten, nur um die fast centrale Analöffnung 6 bis 8 kurze und am Körperrande 10 lange Borsten, die Borsten gegen die Spitze zu etwas verdickt, an der Seite nicht bis an die Wurzel sägezähnig, das stumpfe Ende der Borste dreispitzig.

Länge des Körpers: 0·0013 Pariser Meter.

Vorkommen. An der Körperhaut des *Nannugo Ursula* Wagn. in Dalmatien.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

5. Art. **Peplonyssus amplificatus** Klti., **die kerbrandige Kreiselmilbe.**

Taf, I, Fig. 12—14.

Oval-kreiselförmig, licht-blutroth, gegen den Kopf allmählich verengt und der Quere nach breit abgestutzt, hinten flach und breit zugerundet, am Hinterrande wellig gekerbt, an der Rückenseite in der Richtungslinie des dritten Fusspaares mit einer ovalen schildartigen Hautverdickung, von welcher die Blinddarmrunzeln strahlig auslaufen und den Rand, besonders nach hinten erreichen, nur um die centrale Analöffnung 9 im Kreise gestellte, kurze, und am Körperrande 10 lange Borsten; die Borsten gegen die Spitze etwas verdickt, an der unteren Hälfte quer-gliederschnittig, an der oberen mit stumpfen Zähnen, das quer-abgestutzte breite Borstenendemit vier Spitzen.

Länge des Körpers: 0·0018 Pariser Meter.

Vorkommen. An der Körperhaut des *Myotus murinus* Schreb. in den mährischen Höhlen sehr selten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, im British Museum, in dem königl. Hof-Naturalien-Cabinet zu Stuttgart, im zool. Cabinet der kaiserl. Akademie

zu St. Petersburg, im Naturalien-Cabinet der k. Universität zu Moskau. (Kolenati!)

6. Art. **Peplonyssus pagurus** Klti., **die taschenkrebsartige Kreiselmilbe.**

Taf. I, Fig. 15 und 16.

Halbkreiselförmig, hinten der ganzen Breite nach quer-abgestutzt, gelbbraun, an der Rückenseite hinter dem Kopfe eine ovale vorne querabgestutzte, an der Bauchseite hinter dem Kopfe eine quere, schildartige Hautverdickung, der Körper glatt, nicht kerbfaltig, oben nicht weit vom Rande mit ungefähr 20, der Hinterrand mit 4 langen Borsten; die Füsse lang.

Länge des Körpers: 0·0008 Pariser Meter.

Vorkommen. An der Körperhaut des *Rhinopoma microphyllum* Geoffr. aus Ägypten, nicht sehr häufig.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien. (Kolenati.)

DIE KLEBE- UND SCHARFRANDMILBEN.

Genus: **Periglischrus** Kolenati (Klebrandmilbe).

Der Körper beim Weibchen nach hinten erweitert, von einem scharf auslaufenden und erweiterten Klebrande umgeben, welcher vom endständigen After durchbohrt ist, die Füsse viel kürzer als der Leib und gedrungen kegelförmig, alle gleich gebildet, in ihren Einlenkungen und Gliederungen kurzborstig, die vorderen zwei Fusspaare in ihrer Einlenkung den hinteren von der Mittellinie des Körpers abstehenden ganz genähert und an der Basis der Einlenkung Haftscheerchen, die obere und untere Fläche des Leibes mit zwei nicht sehr ausgebreiteten, hornartigen, nicht skulpirten Schildchen besetzt, die Augen an der Unterseite des Kopfes mehr seitlich. Bewohnen die Flughaut der *Phyllorhinen (Istiophora)* und haften sehr fest an derselben.

Anmerkung. Diese ausgezeichnete Gattung musste von den übrigen Pteroptiden getrennt werden und es bilden gegenwärtig die Flughautmilben, Pteroptiden (das sonstige Genus: *Pteroptes* Leon Dufour.; *Spinturnix* Heyden) eine eigene Rotte

der Plattmilben *(Gamasida)*, welcher ich den Namen *Pteroptida* beigelegt und durch folgende Charaktere von den übrigen Gamasiden unterschieden habe: Die Fühler fünfgliederig, mehr als doppelt so lang wie die Saugorgane, die Maxillen nach innen, die Mandibeln nach aussen sägezähnig, die Zunge zweiborstig, die Borsten nach aussen zahnkerbig, alle zusammengeschlagen und von gleicher Länge einen Stachel bildend, die Füsse stark, kegelförmig, achtgliederig, mit langen steifen Borsten besetzt, die Haftlappen gross, verkehrt kegelförmig, klebrig, vorne eingebuchtet, in welchen zwei kleine Klauen; sowohl die Haftlappen, als Klauen sind abwechselnd einschlagbar; die Blinddärme reichen in die Anfänge der Vorderfüsse; vier Augen, wovon zwei am Vorderrande des Körpers, zwei an der Unterseite des Kopfes liegen. Bewohnen die Flughaut der Chiroptern, einige nur die Augenlider derselben.

Die Zunft der Plattmilben, Gamasiden, charakterisire ich folgendermassen: Der Körper oval, platt, nur an den Seiten weich und ausdehnbar, oben und unten lederig oder hornartig beschildert, das Schild über den Kopf etwas vorragend, die kegelförmigen Fühler am Endgliede einfach, nicht chelirt, ohne Haftscheiben, vom Saugapparate abstehend, acht starke Füsse, von denen zwei Paar nach vorne, zwei Paar nach hinten gerichtet sind, besitzen Haftlappen und Klauen, der After ist endständig. Bewohnen Insecten und Handflügler.

1. Art. Periglischrus Caligus Klti., die grossschürzige Klebrandmilbe.

Taf. IV, Fig. 1—3.

1. Von der Rückenseite.
2. „ „ Bauchseite.
3. Die Borste.

Blassgelb, die Blinddärme in unregelmässigen zerstreuten Flecken durchscheinend, der Körper länglich oval, hinten spitz, der Analklebrand fast doppelt so breit als der Vorderkörper, hinten bogig zugerundet, an den Seiten scharf eckig, vor den Ecken flach ausgeschweift, das vordere obere Schildchen fast quer-elliptisch, das hintere obere länglich abgerundet-elliptisch, das vordere untere etwas verkehrt breit eiförmig, das hintere untere länglich zugerundet

elliptisch, die Haftscheeren von der Basis der Füsse bedeckt, die Borsten nur in ihrem oberen Drittheile spiralig-rissig.

Länge des Körpers: 0·0011 Pariser Meter.

Vorkommen. An der Flughaut der *Glossophaga amplexicaudata* Geoffr. in Brasilien und Surinam.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

2. Art. **Periglischrus interruptus** Kolenati, **die unterbrochenbindige Klebrandmilbe.**

Taf. IV, Fig. 4—7.

4. Das Weibchen von der Rückenseite.
5. „ „ „ „ Bauchseite.
6. „ Männchen blos in seiner Körperform und Rückenzeichnung.
7. Die Borste.

Gelb, die Blinddärme in kettenförmig zusammenhängenden Flecken durchscheinend und nur um das hintere Schildchen sichtbar, der Körper breit, seitlich und hinten wellenförmig ausgebissen, der Analklebrand etwas breiter als der Vorderkörper, hinten fast gerade quer zugerundet, an den Seiten mit abgerundeten Ecken, vor denselben flach ausgeschweift, das vordere obere Schildchen fast rund, das hintere obere verkehrt herz-eiförmig, das vordere untere verkehrt breit herz-eiförmig, fast abgerundet dreieckig, das hintere untere breit verkehrt eiförmig, die Haftscheeren gross, mit einfachen Spitzen, die Borsten durchaus gedrängt querrissig.

Länge des Körpers: 0·0005 Pariser Meter.

Vorkommen. Am *Patagium*, besonders dem *Uropatagium* des *Rhinolophus Euryale* Blas., im Banat, in Serbien, in Dalmatien.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, in den Museen zu London, Kopenhagen, Stockholm, Petersburg, Moskau, Berlin, Halle, Dorpat. (Kolenati!)

3. Art. **Periglischrus glutinimargo** Kolenati, **die dünnschürzige Klebrandmilbe.**

Taf. IV, Fig. 8—10.

Weissgelb, die Blinddärme gegen die Mitte des Leibes zusammenlaufend, der Körper breit eiförmig, hinten abgerundet abgestutzt, mit einer stumpfen Spitze und seitlichen verlorenen Randhältern, der

Analklebrand etwas breiter als der Vorderkörper, in zugerundeter Form den Hinterkörper umfassend, so dass er mit demselben eine etwas spitz rechtwinkelige Einbuchtung bildet, der Klebrand fein gekörnt, das vordere obere Schildchen klein, vorne spitz zugerundet, hinten abgestutzt, das hintere obere abgerundet dreieckig, das vordere untere abgerundet dreieckig, das hintere untere fast rund, die Haftscheeren kurz aber breit, mit einfachen Spitzen, die Borsten durchaus spiralig rissig.

Länge des Körpers: 0·00055 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium des *Rhinolophus clivosus* Cretschm., in Ägypten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien. (Kolenati!)

4. Art. Periglischrus Asema. Kolen., **die ungezeichnete Klebrandmilbe.**

Taf. IV, Fig. 11—14.

11. Das Weibchen von der Rückenseite.
12. „ „ „ „ Unterseite.
13. „ Männchen von der Rückenseite, ohne Schildchen gezeichnet.
14. Die Borste.

Weissgelb, die Blinddärme bilden nur um die Rückenschilder weisse Binden, der Körper breit, seitlich scharf wellig ausgeschnitten, hinten wellig, der Analklebrand nicht breiter als der Vorderkörper, hinten flach zugerundet, an den Seiten mit abgerundeten Ecken, das vordere Rückenschildchen verkehrt langherzförmig mit abgestutzter vorderer Spitze, das hintere Rückenschildchen birnförmig, mit abgestutzter vorderer Spitze, das vordere Bauchschildchen verkehrt breit herzförmig, das hintere Bauchschildchen wie das gleichnamige Rückenschildchen, die Haftscheeren wenig vorstehend, einfach spitzig, die Borsten bombirt querrissig.

Länge des Körpers: 0·0006 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium des *Rhinolophus Ferrum equinum* Daub. in ganz Europa.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

5. Art. **Periglischrus Hipposideros** Kolenati, **die kleinschürzige Klebrandmilbe.**

Taf. IV, Fig. 15—18.

15. Das Weibchen von der Rückenseite.
16. „ „ „ „ Bauchseite.
17. „ Männchen von der Rückenseite, blos die Blinddärme gezeichnet.
18. Die Borste.

Gelb, die Blinddärme um die Schildchen doppelt hufeisenförmig gelagert, in der Mitte quer verbunden, schwarzfleckig, der Körper breit oval, schwach wellig am Rande, der Analklebrand in gleicher Breite des Körpers, hinten flach abgerundet mit etwas stumpf vorstehender Analgegend, das vordere Rückenschildchen verkehrt länglich, oval, das hintere Rückenschildchen birnförmig, das vordere Bauchschildchen undeutlich abgegrenzt oval, das hintere Bauchschildchen breit, die Haftscheeren doppel-, an den Hinterfüssen dreispitzig, die Borsten querrissig, mit kleinen Längsspaltungen.

Länge des Körpers: 0·00052 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium, besonders der Rückenseite der *Periscelis* des *Rhinolophus hipposideros* Bechst., in ganz Europa.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, in den Museen zu London, Kopenhagen, Stockholm, Christiania, St. Petersburg, Moskau, Dorpat, Berlin, Halle, Würzburg, Stuttgart, Dresden, München, Jena, Zürich. (Kolenati!)

Genus **Tinoglischrus** Kolenati (Scharfrandmilbe).

Der Körper breit rhombisch, bei beiden Geschlechtern gleich, vorne und hinten verschmälert, von einem scharfen doch nicht erweiterten Klebrande umgeben, welcher vom endständigen After durchbohrt ist, die Füsse wenig kürzer als der Leib und sehr gedrungen kegelförmig, alle gleich gebildet, in ihren Einlenkungen und Gliederungen kurzborstig, die vorderen zwei Fusspaare in ihrer Einlenkung den hinteren in der Mittellinie des Körpers zusammen stossenden ganz genähert (und sonach alle Füsse um das isolirte Bauchschildchen central

gelagert), und an der Basis der Einlenkung ohne Haftscheerchen, die obere Fläche des Leibes mit einem grossen, die untere mit einem kleinen nicht skulpirten Schilde, die Augen an der Unterseite des Kopfes wenig seitlich. Bewohnen die Flughaut der Klappnasen.

Anmerkung. Auch diese sehr ausgezeichnete Gattung, welche sich an die vorige anreiht, dürfte mit der Zeit noch ihre Vertreter finden.

1. Art. Tinoglischrus punctolyra Kolenati, die leyertragende Scharfrandmilbe.

Taf. II, Fig. 5 u. 6.

Lichtgelb, das Rückenschild von der Form des Leibes, wenig glänzend, fast glatt, mit leierförmig durchscheinenden, oft schwarzbraun punktirten Blinddärmen, das Bauchschildchen fast rund herzförmig, verkehrt, ohne Herzeinschnitt, fein schuppig gekörnt, der After unbeborstet, die Borsten einfach, mit deutlichem Markcanale.

Länge des Körpers: 0·0005 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium des *Rhinopoma microphyllum* Geoffr., in Ägypten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers.

DIE THEILSCHILD- UND DREISCHILDBORSTENMILBEN.

Genus Meristaspis Kolenati (Theilschildmilbe).

Der Körper oval, bei beiden Geschlechtern gleich, ohne Klebrand, die Füsse fast so lang als der Leib, die Vorderfüsse doppelt so stark, normal bekrallt, lang kegelförmig, in ihren Einkerbungen und Gliederungen langborstig, die vorderen zwei am vorletzten Endgliede mit einer langen Borste besetzten Fusspaare in ihrer Einlenkung den hinteren, von der Mittellinie des Körpers abstehenden nicht ganz genähert, an der Basis der Einlenkung ohne Haftscheerchen, von der Oberseite des ersten Fusspaares nach hinten gerichtete lange Borsten, die Rückenfläche des Leibes mit einem grossen, skulpirten, der Quere nach getheilten Schilde, die Bauchseite mit einem

kleineren ungetheilten Schildchen versehen, die Augen an der Unterseite des Kopfes ganz seitlich unten; zwischen dem zweiten und dritten Fusspaare an der Seite des Körpers eine lange abstehende Borste. Bewohnen die Flughaut der Frugivoren Chiroptern.

Anmerkung. Diese Gattung hat manche Ähnlichkeit mit der von mir bereits beschriebenen und abgebildeten Gattung *Ancystropus*, unterscheidet sich aber dadurch, dass die Vorderfüsse keine Ankerhaken tragen und dass die Unterseite des Leibes auch ein Schildchen trägt. Nachdem Koch p. 43—50 einen *Ancystrotus (Goniosoma* Perty Delect.*)* aufgestellt hat und dieser Name dennoch leicht verwechselt werden könnte, habe ich die Gattung *Ancystropus* in der Wiener entomologischen Monatschrift 1857, Nr. 2, S. 60 in *Leiostaspis* umgeändert. Auch bin ich jetzt schon im Klaren über das Vorkommen der Gattung *Leiostaspis (Ancystropus)*. Ich hatte seit jener Zeit an 50 Fleischexemplare von *Xantharpyia aegyptiaca* Geoffr. untersucht und eine Ausbeute von 90 Exemplaren der *Leiostaspis* gemacht. Es sitzt diese höchst interessante Gattung immer nur an den Augenlidern und Augenwinkeln festgeklammert. Dass die Gattung *Leiostaspis*, *Meristaspis* und die folgende *Tristaspis* zur Zunft der Plattmilben *Gamasida*, Rotte der Borstenmilben, *Pteroptida*, gehört, bedarf wohl erst keiner besonderen Begründung.

1. Art. Meristaspis lateralis Kolenati, die gleichgrubige Theilschildmilbe.

Taf. II, Fig. 7—10.

7. Das Weibchen von der Rückenseite.
8. „ „ „ „ Bauchseite.
8½ Das Männchen.
9. Die Borste.
10. Das Rückenschild mit den Erosionsgruben.

Citronengelb, glänzend, gelbborstig, die Blinddärme beim Weibchen um den Rand des Schildes, zwischen dem zweiten und dritten Fusspaare etwas einwärts gerückt, beim Männchen fast in der Form eines Achters, der Körper oval, beim Weibchen hinten mit vorstehender Afterwarze und jederseits mit zwei

kurzen Borsten, beim Männchen mit noch zwei Borsten unmittelbar neben der Analwarze, das Rückenschild sehr lang, am Vorderrande dicht beborstet, zweimal der Quere nach getheilt, mit 16 fast in zwei Längsreihen stehenden gleichgrossen runden Gruben, das untere Schildchen verkehrt herz-eiförmig, mit abgestutzter Spitze und sechs nach hinten gerichteten Randborsten, fein gekörnt, in der Mitte mit einer breiten und langen Grube, die Borsten von der Wurzel bis zur Spitze mit sehr scharfrandigen Spiralumgängen.

Länge des Körpers: 0·0009 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium der *Xantharpyia aegyptiaca* Geoffr., aus Ägypten.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, in den Museen zu London, Kopenhagen, Stockholm, Christiania, St. Petersburg, Berlin, Halle, Dorpat, Stuttgart, Moskau, München, Würzburg, Jena. (Kolenati!)

2. Art. Meristaspis Müllerii Kolen., die zweierleigrubige Theilschildmilbe.

Taf. II, Fig. 11—15.

11. Das Weibchen von der Rückenseite.
12. „ „ „ „ Bauchseite.
13. „ Männchen von der Rückenseite.
14. Die Borste.
15. Das Rückenschild mit den Erosionsgruben.

Lichtgelb, glänzend, braunborstig, die Blinddärme bilden ein doppeltes Hufeisen, indem sie in der Mittelquerlinie des Körpers beim Männchen vollkommen, beim Weibchen durch genäherte Fortsätze mit einander verbunden sind, der Körper länglich oval, beim Weibchen hinten mit stark vorstehender Analwarze und jederseits mit zwei kurzen Borsten, an den Seiten vor diesen Borsten winkelig ausgeschnitten, beim Männchen in der Analgegend keine Warze, jederseits 7 Borsten, das Rückenschild länglich oval, am Vorderrande unbeborstet, einmal der Quere nach getheilt, mit 6 runden Gruben im Vordertheile und 4 langen Gruben im Hintertheile, das untere Schildchen breit, doch etwas länger, vorne und hinten der Quere nach gleich abgestutzt, mit 6 nach hinten gerichteten

Randborsten, quer nadelrissig, die Borsten von der Wurzel bis zur Spitze mit sehr scharfrandigen, winkelig eingeschnittenen Spiralumgängen.

Länge des Körpers: 0·0007 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium des *Pteropus vulgaris* Geoffr., aus Afrika.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers, im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien, im zoologischen Cabinet der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, in der Universitäts-Sammlung von Moskau. (Kolenati!)

Anmerkung. Ich habe diese ausgezeichnete Art nach dem bekannten wissenschaftlichen Lepidopterologen Herrn Julius Müller benannt, welcher die Abbildungen aller Arten direct aus dem Mikroskope anfertigte.

Genus **Tristaspis** Kolenati (Dreischildmilbe).

Der Körper eiförmig, bei beiden Geschlechtern gleich ohne Klebrand, die Füsse fast so lang als der Leib, die Vorderfüsse mit den übrigen gleich stark und normal bekrallt, lang kegelförmig, in ihren Gliederungen langborstig, die vorderen zwei am vorletzten Endgliede nicht mit einer langen Borste besetzten Fusspaare in ihrer Einlenkung den hinteren, von der Mittellinie des Körpers am weitesten abstehenden, ganz genähert, an der Basis der Einlenkung ohne Haftscheerchen, von der Oberseite des ersten und zweiten Fusspaares nur eine nach hinten gerichtete mässig lange Borste, die Rückenfläche des Leibes mit einem kleinen, skulpirten, der Quere nach getheilten Schilde, die Bauchseite mit einem ziemlich grossen Schildchen versehen, die Augen an der Unterseite des Kopfes ganz seitlich unten, zwischen dem zweiten und dritten Fusspaare an der Seite des Körpers keine abstehende Borste. Bewohnen die Flughaut der Hohlnasen, *Nycteris*.

Anmerkung. Diese Gattung bildet ebenso das Übergangsglied von den Theilschildmilben, *Meristaspis*, zu den Zweischildmilben *Diplostaspis*, wie die Gattung *Leiostaspis (Ancystropus)* das vermittelnde Glied zwischen *Meristaspis* und *Periglischrus* ist. Es dürfte sich später, wenn von mehreren Hohlnasen und den

ihnen zunächst stehenden Gattungen *Nyctophilus* und *Lophostoma* derartige Arachnidenspecies bekannt sein werden, die Repräsentanz des von mir aufgestellten *Genus Tristaspis* besser als gegenwärtig herausstellen.

1. Art. Tristaspis conspersa Klti., die besprenkelte Dreischildmilbe.

Taf. IV, Fig. 19—23.

19. Das Weibchen von der Rückenseite.
20. „ „ „ „ Bauchseite.
21. „ Männchen von der Rückenseite.
22. Die Borste.
23. Das Rückenschild.

Lichtgelb, glänzend, gelbborstig, der Körper eiförmig, die Blinddärme beim Weibchen eine gedoppelte Leier bildend, indem sie gegen die Quertheilung des Rückenschildchens einander genähert und von da geschweift nach vorne und hinten offen auslaufen, beim Männchen das Rückenschild umfassend und nur nach vorne gegen die Vorderfüsse zwei Fortsätze ausschickend, die Analgegend bei beiden Geschlechtern etwas ausgerandet abgestutzt, jederseits mit vier Borsten beim Weibchen, mit 5 Borsten beim Männchen, bei letzterem noch in der Mitte mit drei Borsten, bei ersterem mit zwei Borsten, das Rückenschild fast länglich abgerundet sechseckig, in seiner Grundsculptur rundlich gekörnt, die vordere grössere Theilungshälfte mit 6 grossen runden Gruben, von denen die vorderen zwei kleiner sind, das Schildchen der Unterseite gross, nach hinten breiter und der Quere nach abgestutzt, nach vorne zu den Seiten etwas ausgeschweift und hierauf verengt, in der Sculptur rund gekörnt, die Borsten von der Wurzel bis zur Spitze schuppig rissig.

Länge des Körpers: 0·00035 — 0·0007 Pariser Meter.

Vorkommen. Am Patagium der *Nycteris thebaica* Geoffr., in Ägypten, am Senegal und in Nubien.

Typen in der Originalsammlung des Verfassers und im k. k. Hof-Naturalien-Cabinet zu Wien. (Kolenati!)

Erklärung der Tafeln.

TAFEL I.

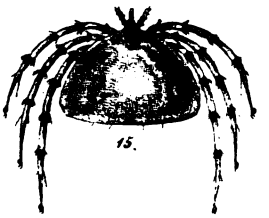
Fig. 1. *Otonyssus flavus* Klti.
„ 2. „ „ „ Borste.
„ 3. *Otonyssus puniceus* Klti.
„ 4. „ „ „ Borste.
„ 5. *Otonyssus aurantiacus* Klti.
„ 6. „ „ „ Borste.
„ 7. *Otonyssus sticholasius* Klti.
„ 8. „ „ „ die chelirten Fühler.
„ 9. „ „ „ Fühlerborste.
„ 10. „ „ „ Körperborste.
„ 11. „ „ „ Klaue mit der Pelotte.
„ 12. *Peplonyssus amplificatus* Klti.
„ 13. „ „ „ Bauchseite.
„ 14. „ „ „ Borste.
„ 15. *Peplonyssus pagurus* Klti.
„ 16. „ „ „ Unterseite.

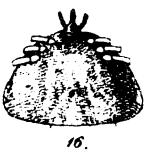
TAFEL II.

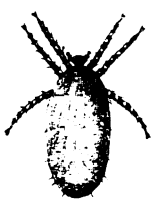
Fig. 1. *Otonyssus orthotrichus* Klti.
„ 2. „ „ „ Borste.
„ 3. *Otonyssus pinnipes* Klti.
„ 4. „ „ „ Borste.
„ 5. *Tinoglischrus punctolyra* Klti.
„ 6. „ „ „ Unterseite.
„ 7. *Meristapsis lateratis* Klti.
„ 8. „ „ „ Unterseite.
„ 8½ „ „ „ Männchen.
„ 9. „ „ „ Borste.
„ 10. „ „ „ Schildchen.
„ 11. *Meristapsis Müllerii* Klti.
„ 12. „ „ „ Unterseite.
„ 13. „ „ „ Männchen.
„ 14. „ „ „ Borste.
„ 15. „ „ „ Schildchen.

TAFEL III.

Fig. 1. *Peplonyssus seminulum* Klti.
„ 2. „ „ „ Unterseite.

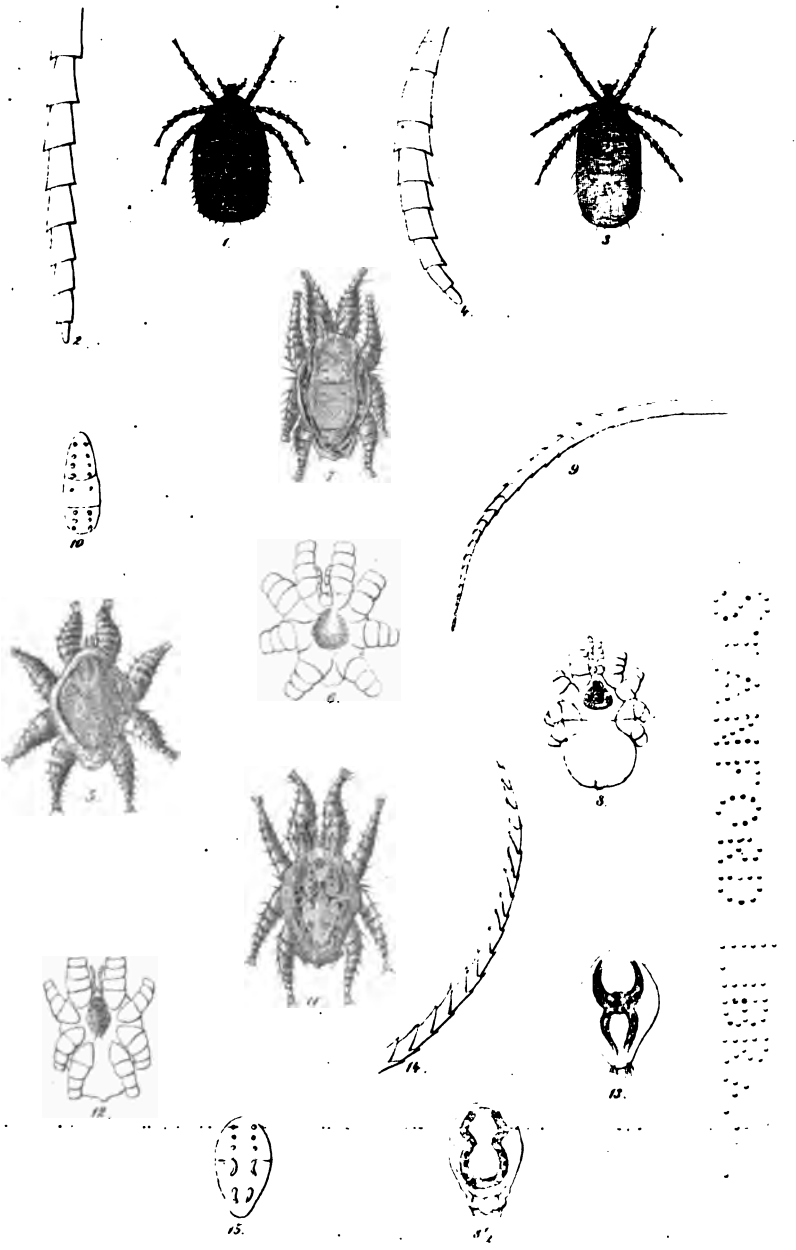




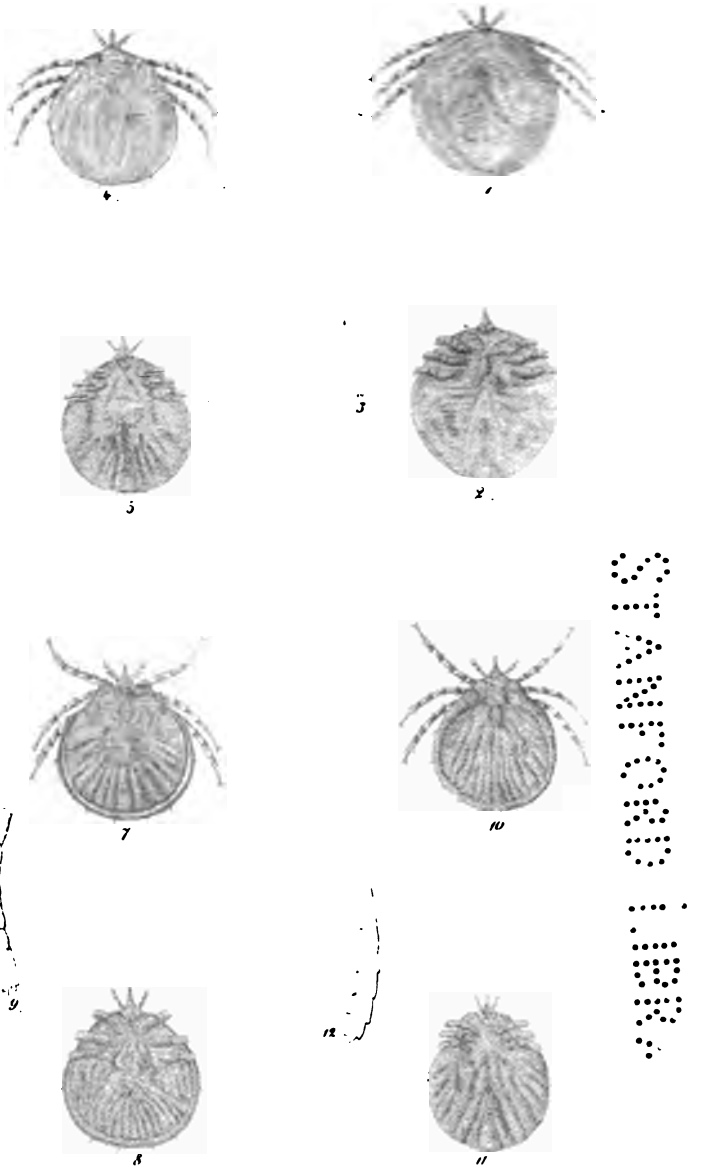


Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. CLXXXIII. Bd. N°24. 1858.



Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3. *Peplonyssus seminulum* Klti. Borste.
„ 4. *Peplonyssus cruciplica* Klti.
„ 5. „ „ „ Unterseite.
„ 6. „ „ „ Borste.
„ 7. *Peplonyssus moneta* Klti.
„ 8. „ „ „ Unterseite.
„ 9. „ „ „ Borste.
„ 10. *Peplonyssus ptychodes* Klti.
„ 11. „ „ „ Unterseite.
„ 12. „ „ „ Borste.

TAFEL IV.

Fig. 1. *Periglischrus Caligus* Klti.
„ 2. „ „ „ Unterseite.
„ 3. „ „ „ Borste.
„ 4. *Periglischrus interruptus* Klti.
„ 5. „ „ „ Unterseite.
„ 6. „ „ „ Männchen.
„ 7. „ „ „ Borste.
„ 8. *Periglischrus glutinimargo* Klti.
„ 9. „ „ „ Unterseite.
„ 10. „ „ „ Borste.
„ 11. *Periglischrus Aema* Klti.
„ 12. „ „ „ Unterseite.
„ 13. „ „ „ Männchen.
„ 14 „ „ „ Borste.
„ 15. *Periglischrus Hipposideros* Klti.
„ 16. „ „ „ Unterseite.
„ 17. „ „ „ Männchen.
„ 18. „ „ „ Borste.
„ 19. *Tristaspis conspersa* Klti.
„ 20. „ „ „ Unterseite.
„ 21. „ „ „ Männchen.
„ 22. „ „ „ Borste.
„ 23. „ „ „ Schildchen.

Analyse der Mineralquelle „del Franco" zu Recoaro.

Von **H. Hlasiwetz.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. October 1858.)

Recoaro, in der Nähe von Vicenza, nimmt unter den oberitalischen Curorten von Alters her eine hervorragende Stelle ein. Die dortigen Quellen fanden schon im Jahre 1697 ihre Würdigung, viele ältere Chemiker des Landes haben sich von da an mit Untersuchungen derselben beschäftigt, und die letzte ist im Jahre 1830 von Prof. Mellandri ausgeführt. Behufs eines Vergleichs ist mir jedoch keine von allen zugänglich gewesen.

Auch war ich nicht in der Lage, mich über die geologischen und physicalischen Verhältnisse der Quelle durch den Augenschein zu unterrichten. Aber ich kann zur Vervollständigung der chemischen Analyse eine in diesem Jahre erschienene werthvolle ausführliche Monographie des Herrn Dr. Bologna [1]) benützen, und entnehme derselben, „dass die Quelle „del Franco" [2]), die berühmteste von allen, aus Glimmerschiefer entspringt, durchaus von dem Wasser des Thalbachs isolirt, vollständig klar, farblos, frisch, von säuerlich pikantem, etwas styptischem Geschmack ist, zwischen den Händen gerieben den Geruch einer Eisenlösung verbreitet, beim Schütteln schäumt und viel Kohlensäure entwickelt, beim Stehen an der Luft sich trübt und einen gelblichweissen Absatz liefert, und ebenso beim Kochen, nachdem die Kohlensäure ausgetrieben ist, einen ähnlichen Niederschlag gibt."

Die Temperatur wird constant zu 9° R. das spec. Gewicht zu 1·00337 angegeben. Die Wassermenge betrage per Stunde etwa 240 Med. Pfund.

---

[1]) *Notizia sopra la nuova fonte minerale acidulo ferruginosa del Franco in Recoaro, da Dre. Jacopo Bologna. Venezia 1858.*

[2]) Eigenthum des Herrn Apothekers Trattenero, auf dessen Wunsch auch die vorliegende Analyse ausgeführt wurde.

Übereinstimmend mit den dort angeführten qualitativen Reactionen fand ich als Bestandtheile des Wassers

Magnesia,		Kohlensäure,	
Kalk,		Schwefelsäure,	
Eisenoxydul,		Kieselsäure,	
Kali,		Chlor,	
Natron,		Phosphorsäure, Jod	deutliche Spuren,
Thonerde,			
Lithion, Mangan	Spuren,	Brom, zweifelhafte Spuren.	

Es war mir das Wasser in sorgfältig verschlossenen Glasflaschen überschickt worden, und die äusseren Eigenschaften waren dieselben wie die oben angegebenen; das Verhalten beim Stehen und Erhitzen natürlich ebenso. Beim längern Aufbewahren beschlagen sich die Gefässwände mit einem eisenhaltigen Absatz.

Die Proben auf die, nur in kleinster Menge vorhandenen Bestandtheile wurden mit dem festen Rückstande von 75 Litres Wasser gemacht. Dabei war der Gang eingeschlagen worden, der in der neuesten Auflage des Werkes von Fresenius aufgenommen ist.

Herr Dr. v. Gilm hat mich in der Ausführung von Controlbestimmungen wesentlich unterstützt.

Quantitative Versuche.

Da das Wasser beim Kochen einen beträchtlichen Absatz liefert, so war, um die nöthigen Anhaltspunkte für die Zusammensetzung zu gewinnen, es nothwendig, auch dessen Totalmenge und seine einzelnen Bestandtheile zu bestimmen.

Eine Reihe von Controlen für die sub X, XI, XII, VII, VIII angeführten Bestimmungen bestätigte die daselbst erhaltenen Resultate und liess so die weiter unten angeführte Zusammensetzung als gerechtfertigt erscheinen.

I. Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Temp. 13° C.

$$a) \quad \frac{260 \cdot 7678}{260 \cdot 8432} = 0{\cdot}999710.$$

$$b) \quad \frac{260 \cdot 9885}{260 \cdot 8700} = 1{\cdot}000443.$$

II. Bestimmung der Gesammtmenge der Bestandtheile.

Gewogene Mengen Wasser wurden in einer Platinschale vorsichtig eingedampft und der Rückstand bei 150° getrocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr zu bemerken war.

					In 1000 Theilen
a)	1000 Grm. Wasser	gaben	0·8638 Grm.	Rückstand	= 0·8638,
b)	1000 „ „	„	0·8492 „	„	= 0·8492,
c)	2000 „ „	„	1·7100 „	„	= 0·8550,
				Mittel	0·8560.

III. Bestimmung der Schwefelsäure.

Eine gewogene Menge Wasser wurde mit Salzsäure angesäuert, in bedecktem Gefässe sehr allmälig erwärmt, und endlich mit Chlorbaryum die Schwefelsäure gefällt.

					In 1000 Theilen
a)	1000 G. Wasser	gaben	0·8226 G. schwefels. Baryt	=	0·2822 G. Schwefelsäure,
b)	1000 „ „	„	0·8026 „ „	„	= 0·2753 „ „
				Mittel	0·2787 G. Schwefelsäure.

IV. Bestimmung der Kieselsäure.

Die mit Salzsäure angesäuerte, gewogene Menge Wasser wurde vorsichtig im Wasserbade zur Trockne gebracht und der Rückstand stark erhitzt, wieder erkaltet mit Salzsäure übergossen, und nach längerem Stehen unter Zusatz von Wasser filtrirt.

					In 1000 Theilen
a)	642·5 Grm. Wasser	gaben	0·0371 Grm.	Kieselsäure	= 0·0577,
b)	634 „ „	„	0·0365 „	„	= 0·0576,
				Mittel	0·0576.

V. Bestimmung des Chlors.

Die Bestimmungen wurden nach dem Verfahren von Mohr ausgeführt. Der Titre der Silberlösung war: 1 CC. = 0·00151 Grm. Chlor.

Eine gewogene Wassermenge wurde zur Trockne abgedampft, der Rückstand mit heissem Wasser ausgezogen und nach Zusatz von neutralem chromsaurem Kali titrirt.

Dabei verbrauchten:

						In 1000 Theilen
a)	1000 Grm.	Wasser	1·77 CC.	Silberlösung	=	0·00267 Grm. Chlor,
b)	1000 „	„	1·73 „	„	=	0·00261 „ „
					Mittel	0·00264 Grm. Chlor.

VI. Bestimmung des Eisens und der Thonerde.

Der gekannte Inhalt je einer Flasche wurde mit Salzsäure angesäuert, die entleerte Flasche mit verdünnter Salzsäure nachgespült, das Ganze vorsichtig zur Trockne gebracht und wie bei IV die Kieselsäure abgeschieden. Die abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Salpetersäure versetzt, zum Kochen erhitzt, mit kohlensäurefreiem Ammoniak gefällt und rasch filtrirt. Der Niederschlag (Eisenoxyd und Thonerde) wurde geglüht und gewogen.

Bei einem andern Versuch wurde er noch feucht mit Kalilauge behandelt und die Thonerde gelöst, der Rest an Eisenoxyd wieder in Salzsäure aufgenommen und mit Ammoniak gefällt. Die Differenz ergab die Thonerde. Sie ist in zu kleiner Menge vorhanden, als dass sie sich direct genauer bestimmen liesse.

				Eisenoxyd + Thonerde	In 1000 Theilen	
a)	642·5 Grm.	Wasser	gaben	0·0810 Grm.	= 0·0280 Grm.	
b)	634 „	„	„	0·0175 „	= 0·0275 „	
					Mittel 0·0277 Grm.	Eisenoxyd + Thonerde,
				Eisenoxyd		
c)	660 „	„	„	0·0175 Grm.	= 0·0265 „	
					Thonerde 0·0012 Grm.	

VII. Bestimmung des Kalks.

Die von Eisenoxyd und Thonerde befreite Flüssigkeit von VI wurde mit reiner Oxalsäure versetzt und nach einigem Stehen der Niederschlag abfiltrirt.

							In 1000 Theilen
a)	634 Grm.	Wasser	gaben	0·2335 Grm.	kohlens. Kalk	=	0·2063 Grm. Kalk,
b)	660 „	„	„	0·2389 „	„	=	0·2026 „ „
						Mittel	0·2044 Grm. Kalk.

VIII. Bestimmung der Magnesia.

Sie geschah aus der von Eisen, Thonerde und Kalk befreiten ammoniakalischen Flüssigkeit mit phosphorsaurem Natron auf die gewöhnliche Weise.

Wasser					In 1000 Theilen	
a) 634 Grm.	gaben	0·2074 Grm.	b. phosphs. Magnesia	=	0·1175 Grm.	Magnesia,
b) 1000 „	„	0·3206 „	„ „	=	0·1145 „	„
				Mittel =	0·1160 Grm.	Magnesia.

IX. Bestimmung der Alkalien.

Die gewogene Menge Wasser wurde mit Salzsäure versetzt, zur Trockne gebracht, der Rückstand mit heissem Wasser ausgezogen, der Auszug mit reinem Barytwasser versetzt, abfiltrirt, mit Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak der Überschuss an Baryt entfernt, und dieses wiederholt, bis bei nachherigem Eindampfen der Rückstand sich vollkommen klar löste; dann zur Trockne gebracht und gewogen. Aus den so erhaltenen Chloralkalien wurde durch Platinchlorid das Kali abgeschieden und aus dem Doppelsalz sowohl wie aus dessen Platingehalt das Kali berechnet.

Die Menge des Natrons ergab sich aus dem Verluste.

a) 2000 Grm. Wasser gaben 0·1278 Grm. Chloralkalien,
b) 2000 „ „ „ 0·1240 „ „

a) gab 0·0781 Kaliumplatinchlorid, und dieses 0·0324 Grm. Platin,
b) „ 0·0879 „ „ „ 0·0358 „ „

Daraus berechnet sich an Kali und Natron:

	In 1000 Theilen			
a)	0·0077 Kali	und	0·0274	Natron,
b)	0·0085 „	„	0·0257	„
Mittel	0·0081 Kali	und	0·0265	Natron.

X. Bestimmung des beim Kochen entstehenden Niederschlages.

Die gewogene Menge Wasser wurde durch eine Stunde im Kochen erhalten und das verdampfte immer wieder durch destillirtes ersetzt. Der Niederschlag wurde dann abfiltrirt und bei 100° getrocknet.

a) 1000 Grm. Wasser gaben 0·3205 Grm. Rückstand,
b) 1000 „ „ „ 0·3172 „ „

Mittel 0·3188 Grm. in 1000 Theilen.

XI. Bestimmung der Bestandtheile in dem durch Kochen erhaltenen Niederschlage.

(A. Kalk.) Ein durch Kochen von 1000 Grm. Wasser erhaltener Niederschlag gab:

			In 1000 Theilen
a)	0·3064 Grm. kohlens. Kalk	=	0·1716 Grm. Kalk,
b)	0·2952 „ „ „	=	0·1653 „ „
Mittel	0·3008 Grm. kohlens. Kalk	=	0·1684 Grm. Kalk.

(B. Eisenoxyd.) Ein durch Kochen von 1000 Grm. Wasser erhaltener Niederschlag gab:

a)	0·0125 Grm. Eisenoxyd,	
b)	0·0143 „ „	
Mittel	0·0134 Grm. Eisenoxyd	in 1000 Theilen.

(C. Magnesia.) Der Niederschlag von 1000 Grm. Wasser gab 0·0056 Grm. b. phosphors. Magnesia = 0·0020 Grm. Magnesia in 1000 Theilen.

Controle I. Als Mittel der durch Kochen von 1000 Grm. Wasser gefällten Bestandtheile wurden erhalten:

A.	0·3008 Grm.	kohlens. Kalk,
B.	0·0134 „	Eisenoxyd,
C.	0·0042 „	kohlens. Magnesia,
Summe	0·3184 Grm.	
Nach Bestimmung X	0·3188 „	Mittel aus 1000 Theilen.

XII. Bestimmung der Bestandtheile im gekochten Wasser.

(A. Kalk.) Das bei X vom Niederschlag getrennte Wasser gab:

			In 1000 Theilen
a)	0·0673 Grm. kohlens. Kalk	=	0·0377 Grm. Kalk,
b)	0·0596 „ „ „	=	0·0334 „ „
		Mittel	0·0355 Grm. Kalk,

durch Kochen nicht fällbar.

(B. Magnesia.) Die vom Kalk befreite Flüssigkeit gab:

			In 1000 Theilen
a)	0·3159 Grm. b. phosphors. Magnesia	=	0·1135 Grm. Magnesia,
b)	0·3129 „ „ „	=	0·1115 „ „
		Mittel	0·1125 Grm. Magnesia,

durch Kochen nicht fällbar.

(C. Eisen.) Spuren.

Controle II.

Nach Bestimmung XI wurde als Mittel des durch Kochen von 1000 Grm. Wasser fällbaren Kalks erhalten . . . 0·1684 Grm. Kalk.
Nach Bestimmung XII beträgt der durch Kochen von 1000 Grm. Wasser nicht fällbare Kalk . . . . . 0·0355 „ „
Summe . 0·2039 Grm. Kalk.
Nach Bestimmung VIII wurde als Totalmenge des Kalks in 1000 Grm. Wasser gefunden (im Mittel) . . . . . 0·2044 Grm. Kalk.

Controle III.

Nach Bestimmung XI *C* wurde gefunden in 1000 Theilen Wasser durch Kochen fällbare Magnesia . . . . . 0·0020 Grm.
Bestimmung XII *B* ergab in 1000 Theilen Wasser durch Kochen unfällbare Magnesia . . . . . 0·1125 „
Summe . 0·1145 Grm.
Bestimmung VIII ergab als Totalmenge der Magnesia in 1000 Theilen . . . . . 0·1160 „

XIII. Bestimmung der Kohlensäure [1]).

a) Eine Flasche, enthaltend 662 Grm. Wasser, gab mit Ammoniak und Chlorbaryum gefällt 8·1314 Grm. kohlensaure Erden. Davon enthielten:

1. 0·5 Grm. . . . 0·1193 Grm. Kohlensäure
2. 0·5 „ . . . 0·1190 „ „

} Mittel 0·1191 Grm.

Auf die Gesammtmenge berechnet = 1·9377 Grm., in 1000 Theilen = 2·9270 Grm.

b) Eine Flasche, 684 Grm. Wasser enthaltend, gab in gleicher Weise behandelt 8·4071 Grm. kohlensaure Salze. Davon enthielten:

1. 0·5 Grm. . . . 0·1257 Grm. Kohlensäure
2. 0·5 „ . . . 0·1279 „ „

} Mittel 0·1268 Grm.

Auf die Gesammtmenge berechnet = 2·1320 Grm., in 1000 Theilen 3·1170 Grm., Mittel aller Bestimmungen 3·0220 Grm. Kohlensäure in 1000 Theilen.

---

[1]) Die Bestimmung der Kohlensäure aus dem Niederschlage kohlensaurer Salze wurde nach dem im Aprilhefte der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie 1857 mitgetheilten Verfahren ausgeführt. Es bestand darin, dass die, durch Zersetzen der kohlensauren Salze frei gewordene Kohlensäure in Barytwasser aufgefangen, der abfiltrirte kohlensaure Baryt in Salzsäure gelöst und die Lösung im Wasserbade zum Trocknen gebracht, und weiter erhitzt wurde, bis keine Salzsäure mehr vorhanden war. In dem so erhaltenen Chlorbaryum wurde das Chlor wie in V bestimmt, und daraus die Kohlensäure berechnet.

1000 Gewichtstheile Wasser enthalten:

a) In wägbarer Menge.

Salze		Schwefelsäure	Chlor	Kohlensäure	Kieselsäure	Eisenoxyd	Thonerde	Kalk	Magnesia	Kali	Natron
Schwefelsaure Magnesia .	0·3375	0·2250	.	.	.	.	.	.	0·1125	.	.
Schwefels. Kalk	0·0862	0·0507	.	.	.	.	.	0·0355	.	.	.
Schwefels. Kali	0·0065	0·0030	.	.	.	.	.	.	.	0·0035	.
Kohlens. Kali	0·0073	.	.	0·0027	.	.	.	.	.	0·0046	.
Kohlens. Natron	0·0458	.	.	0·0216	.	.	.	.	.	.	0·0242
Kohlens. Kalk	0·3008	.	.	0·1324	.	.	.	0·1689	.	.	.
Kohlens. Eisenoxydul . .	0·0384	.	.	0·0146	.	0·0265[1])	.	.	.	.	.
Kohlens. Magnesia	0·0073	.	.	0·0038	.	.	.	.	0·0035	.	.
Chlornatrium	0·0043	.	0·00264	.	.	.	.	.	.	.	0·0023
Kiesels. Thonerde	0·0039	.	.	.	0·0027	.	0·0012	.	.	.	.
Kieselsäure	0·0549	.	.	.	0·0549	.	.	.	.	.	.
	0·8929	0·2787	0·00264	0·1751	0·0576	0·0265	0·0012	0·2044	0·1160	0·0081	0·0265

Freie und halbgebundene Kohlensäure . . . . . 2·8469.

Summe der Salze . . . . . 0·8929.

Nach Bestimmung II Gesammtmenge der Bestandtheile . . . . . 0·8560.

b) In Spuren vorhanden.

Phosphorsäure, Jod, Lithion, Mangan. (Organische Substanz fehlt fast ganz.)

[1]) Auf Eisenoxydul berechnet = 0·0238.

In einem Medicinalpfund = 7680 Gran sind enthalten:

Schwefelsäure	2·1404	Gran
Kieselsäure	0·4424	„
Chlor	0·0203	„
Kohlensäure	23·2089	„
Eisenoxydul	0·1828	„
Thonerde	0·0092	„
Kalk	1·5698	„
Magnesia	0·8909	„
Kali	0·0622	„
Natron	0·2035	„
Phosphorsäure, Lithion, Mangan	Spuren.	

Als Salze berechnet:

Schwefelsaure Magnesia	2·5920	Gran
Schwefelsaurer Kalk	0·6620	„
Schwefelsaures Kali	0·0499	„
Kohlensaures Kali	0·0560	„
Kohlensaures Natron	0·3517	„
Kohlensaurer Kalk	2·3101	„
Kohlensaures Eisenoxydul	0·2949	„
Kohlensaure Magnesia	0·0561	„
Chlornatrium	0·0330	„
Kieselsaure Thonerde	0·0299	„
Kieselsäure	0·4216	„
	6·8572	Gran

Freie und halbgebundene Kohlensäure 21·8642 Gran.

Vorträge.

Beiträge zur Theorie der Respiration.

Von Wilhelm Müller aus Erlangen.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 7. October 1858 vom Hrn. Prof. Ludwig.)

Die bisher gangbaren Annahmen über das Verhalten von Sauerstoff und Kohlensäure im Blut bei dem Respirationsprocess haben in der letzten Zeit eine wesentliche Berichtigung erfahren. Während man früher ziemlich allgemein annahm, dass der Sauerstoff im Blute einfach absorbirt enthalten sei, und für die Kohlensäure die Beobachtungen an Lösungen doppelt kohlensaurer Salze, die Annahme einer chemischen Verbindung wahrscheinlich machten, stellte Lothar Meyer[1]), gestützt auf genaue Untersuchungen, den Satz auf: dass die Sauerstoff-Aufnahme im Blut nur zum geringsten Theil vom Druck dieses Gases, unter dem es mit dem Blute in Berührung kommt, abhängt, dass dieselbe vielmehr durch eine wenngleich schwache chemische Attraction bewirkt wird, während die Aufnahme und Ausgabe der Kohlensäure als ein einfacher Absorptionsvorgang erscheint.

Für die Theorie der Respiration war es wichtig, die Meyer'schen Versuche auf das lebende Blut zu übertragen, und auf dem Wege des Experiments zu prüfen, ob bei der Athmung die von ihm aufgestellte Beziehung zwischen dem Blut einerseits und Sauerstoff und Kohlensäure andererseits wirklich volle Geltung hat. Ich versuchte diese Frage durch eine Reihe von Untersuchungen, welche ich im physiologischen Institut der k. k. Josephs-Akademie anstellte, ihrer Lösung näher zu bringen, und freue mich, dem Vorstande dieses Instituts, Herrn Professor Ludwig, für die aufs liberalste

---

[1]) Lothar Meyer, die Gase des Blutes, Inauguraldissert. Göttingen, 1857. Zeitschr. für rat. Med. Bd.

gestattete Benützung der gebotenen Hilfsmittel hiemit öffentlich meinen Dank aussprechen zu können.

Um bei der Erörterung der vorliegenden Frage die möglichste Genauigkeit einzuhalten, war es nothwendig, den Respirationsversuch mit dem physicalischen Absorptionsversuch möglichst in Übereinstimmung zu bringen. Dies schloss von vornherein die Berührung der angewandten Gase mit allen anderen Flächen des Thierkörpers ausser der Lungenfläche aus. Um letztere aber allein mit den Gasen in Berührung zu bringen, musste von den bisher bei Respirationsversuchen angewandten Methoden Umgang genommen werden, da sie diesen Zweck auf eine einfache und leicht zu handhabende Manier zu erreichen nicht gestatten.

Es liess sich dieser Forderung jedoch genügen dadurch, dass die Luftröhre des zu untersuchenden Thieres geöffnet und mit einer vollkommen luftdicht eingebundenen Canule versehen wurde. Die Operation der Tracheotomie lässt sich an allen Thieren sehr leicht und ohne irgend welchen bemerkenswerthen Blutverlust ausführen; die Wunde selbst ist nur sehr klein, so dass kein Grund zu der Annahme gegeben ist, dass durch diesen Eingriff eine nachweisbare Alteration im Befinden des Thieres verursacht werde.

Die Canule fertigt man aus einer Glasröhre, indem man sie an einer Stelle mässig auszieht und hierauf etwa vier bis sechs Millimeter über der Verengerung abschneidet. Man schleift sodann das abgeschnittene Ende schief zu, um die Einführung zu erleichtern, während der engere in Form eines Halses ausgezogene Theil dazu dient, dem Faden beim Einbinden einen möglichst festen unverrückbaren Halt zu geben. Man kann natürlich dieser Canule jede beliebige Form geben und durch Ausblasen verschiedene Sicherheitsvorrichtungen nach Bedarf an derselben anbringen. Für die nachfolgenden Versuche war sie einfach rechtwinklig gebogen und wurde nach der Einführung an ihrem freien Ende mit den nöthigen Apparaten in Verbindung gesetzt.

Nächstdem erforderten die Versuche eine möglichst vollkommene Mischung der angewandten Gase. Ich hoffte sie in einigen zu diesem Zweck angestellten Vorversuchen einfach dadurch zu erreichen, dass ich die Tracheacanule durch einen Kautschukschlauch der durch Imprägniren mit heissem Fett luftdicht gemacht worden war, geradezu mit dem als Athmungsraum dienenden Behälter in

Verbindung setzte. Allein es zeigte sich, dass die Athembewegungen des Thieres allein nicht hinreichen, die verdorbene und die zum Athmen noch brauchbare Luft hinreichend zu mischen; es stellten sich jedesmal auch bei grossem Athmungsraume in unverhältnissmässig kurzer Zeit alle Erscheinungen der beginnenden Erstickung ein.

Es musste daher auf andere Mittel gedacht werden, um die möglichst vollkommene Mischung der Athemluft zu erzielen. Dies wurde auf folgende Weise erreicht. Das freie Ende der in die Trachea eingebundenen Canule wurde mit einer gabelig sich theilenden Röhre von Metall luftdicht verbunden. Jedes der beiden Enden dieser Röhre wurde mit einem Ventil verbunden, welches der Luft nur nach einer Richtung den Durchgang gestattete. Diese Ventile waren nach Art der Spritzflaschen construirt. Sie bestanden aus kleinen cylindrischen Gläschen von etwa 15 C.C. Inhalt, welche einen engeren gleichfalls cylindrischen Hals hatten. In diesen Hals wurde ein gut schliessender Kork eingepasst, welcher doppelt durchbohrt war. In jede der Öffnungen passte genau der absteigende Schenkel einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre. Der eine dieser beiden Schenkel hatte annähernd die Länge des engen Halses, während der andere unmittelbar unter der untern Fläche des Korks abgeschnitten war. Nachdem der Kork und beide Glasröhren durch Siegellack vollkommen luftdicht mit dem Gläschen verbunden waren, wurde letzteres so weit mit Quecksilber gefüllt, bis die tiefere Röhre mit ihrem Ende in dasselbe eintauchte. Indem beide Gläschen in umgekehrter Stellung mit dem gabelförmigen Metallrohr in Verbindung gesetzt wurden, bedingten sie einen Luftstrom nach entgegengesetzten Richtungen, so dass auf diese sehr einfache Weise die In- und Exspirationsluft unmittelbar vor der Tracheacanule geschieden wurden, während die möglichst vollkommene Gasmischung im Athmungsraum selbst durch eine passende Vorrichtung sich erreichen liess. Es ist sehr wichtig, die längere Röhre nicht tiefer als höchstens 1—2 Millimeter in Quecksilber tauchen zu lassen, indem dies für den vollkommenen Abschluss nach einer Richtung hinreicht. Schon diese geringe Quecksilberhöhe führt ein Hinderniss ein, welches das Thier zu überwältigen hat und welches bei ungünstigen Umständen eine merkliche Ermüdung zu Folge haben kann. Für ein gesundes Thier und die kurze Dauer eines einzelnen Versuchs ist dieser Einfluss natürlich verschwindend klein; er könnte

dagegen sehr merklich werden bei schwächlichen Thieren und bei öfterem Experimentiren an demselben Thiere.

Für die in Rede stehenden Versuche war aber dritte Bedingung die Kenntniss des vorhandenen Partiardrucks der angewandten Gase. Diese Bedingung war erfüllt, wenn Luft von bekannter Zusammensetzung und bekanntem Drucke im abgeschlossenen Raume mit der Lungenfläche in Berührung gebracht wurde.

Da wir wissen, dass bei Pflanzenfressern in den Geweben sich aller oder doch nahezu aller eingeathmete Sauerstoff in Kohlensäure verwandelt, so muss die abgeschlossene Luft in ihrer Zusammensetzung durch den Athemprocess in der Weise sich ändern, dass mit dem Sinken des Partiardrucks vom Sauerstoff eine Erhöhung des Partiardrucks der Kohlensäure stattfindet. Würden auch noch Spuren von Sauerstoff hinreichen, das Leben zu unterhalten, so müsste, die Geltung des Meyer'schen Satzes angenommen, letzterer vollständig aus dem Athmungsraum verschwinden. Dies ist aber erfahrungsgemäss nicht der Fall. Wir müssen demnach das Leben betrachten als eine Function von der Geschwindigkeit des Sauerstoffeintritts in das Blut, und letztere ist offenbar abhängig von der Dichtigkeit des Sauerstoffs im Athmungsraum insofern, als ein Sinken derselben unter eine gewisse Grenze die Aufnahme der zur Erhaltung des Lebens nothwendigen Menge in der Zeiteinheit nicht mehr gestattet; dabei ist aber zu bedenken, dass das Leben nicht momentan zu Grunde geht, wenn der Sauerstoffgehalt des Blutes oder des Athmungsraums unter einen gewissen Werth herabsinkt, weil die thierischen Gewebe stets noch eine gewisse Menge disponiblen Sauerstoffs enthalten, welche ihre Lebensäusserungen für kurze Zeit zu erhalten im Stande ist. Genügt nun diese Zeit, um während derselben alle Luft des Athmungsraumes, wenn sie die zum Leben nothwendige Sauerstoffmenge auch nicht mehr besitzt, bei gegebener Athemfolge und Athemtiefe mit dem Blut in Berührung zu bringen, so ist die Möglichkeit vorhanden, dass aller Sauerstoff aus dem Athmungsraume verschwindet, während im andern Fall nur ein Herabsinken seines Werthes bis zu einer gewissen Grösse zur Beobachtung kommen kann.

Einen sehr wichtigen Einfluss müssen nach dem eben Erörterten auf letztere Grösse haben einmal die Grösse des Athmungsraumes und zweitens die allenfallsige Ermüdung des Thieres.

Der Einfluss von beiden springt in die Augen. Je grösser das Volum der zur Erhaltung des Lebens untauglichen Luft, um so weniger wird das Thier im Stande sein, sie noch vollständig durch seine Lunge zu treiben; je grösser die Ermüdung, um so unvollkommener werden die Athemzüge und damit um so kleiner die Berührungsfläche zwischen Luft und Blut. Endlich kommt für die in Rede stehende Untersuchung noch in Betracht der Partiardruck der gebildeten Kohlensäure im Luftraum. Bei gegebenem Sauerstoffvolum ist er, die Richtigkeit des Meyer'schen Satzes auch für die Kohlensäure angenommen, da der Sauerstoff sich innerhalb der Beobachtungsfehler vollständig in Kohlensäure umsetzt, abhängig von dem der gebildeten Kohlensäure (des verschwundenen Sauerstoffes) zur jeweiligen Kohlensäurespannung im Blute. Letztere ist aber, wie wir durch die Versuche von Vierordt[1]) und Becher[2]) wissen, nach Zeit und Umständen eine variable; dasselbe wird mithin bei gleichem Sauerstoffvolum für den Athmungsraum der Fall sein müssen. Eine nothwendige Consequenz der Annahme, dass die Kohlensäure einfach dem Absorptionsgesetze gehorcht, ist ferner, dass die Kohlensäurespannung im Blute steigen muss, wenn bei fortlaufender Neubildung ihr Austritt aus dem Blute durch einen entsprechenden Druck in der äusseren Luft gehindert wird, dass endlich Kohlensäure aus dieser in das Blut übertritt, wenn der Partiardruck der Kohlensäure in der Luft den im Blute überwiegt.

In wie weit diese Folgerungen durch den Versuch bestätigt wurden, zeigen die sogleich mitzutheilenden Resultate. Es erübrigt nur noch, vorher über die Versuchsmethode und über die Ausführung das Nöthige mitzutheilen.

Als Athmungsraum dienten cylindrische Gläser oder Flaschen von verschiedenem Rauminhalt. Der Hals tauchte in das als Sperrflüssigkeit dienende Quecksilber. Der Boden des Gefässes wurde mit zwei Öffnungen durchbohrt und in jede dieser Öffnungen eine Glasröhre möglichst genau eingeschlossen und eingekittet; die Verbindungsstelle überdies äusserlich mit Siegellack umgeben. Das ausserhalb des Gefässes befindliche Ende der Glasröhre war wie bei den Ventilen rechtwinklig gebogen und wurde mit den Ventil-

---

[1]) Physiologie des Athems. Karlsruhe, 1845.

[2]) Studien über Respiration. Züricher Mittheilungen. 1853.

röhren durch Kautschuk luftdicht verbunden. Die in das Gefäss selbst einmündenden Enden der Röhren hatten, um eine möglichst vollkommene Luftmischung zu erzielen, eine ungleiche Länge. Die Röhre, welche die Exspirationsluft in das Gefäss leitete, mündete über dem Halse aus, während die andere, durch welche das Thier frische Luft einzog, kurz unter dem Boden des Gefässes abgeschnitten war. Das Gefäss wurde durch einen passenden Halter senkrecht im Quecksilber gehalten. Einmal durch die ungleiche Länge der beiden Röhren, dann aber durch die mit den Raumveränderungen der Luft im Gefäss bei In- und Exspiration synchronisch stattfindenden Schwankungen des Quecksilberspiegels wurde eine vollständige Mischung der Luft dieses Raumes erzielt. Ist das Gefäss nicht zu dick in seiner Wandung, so ist es leicht, dasselbe so tief in das Quecksilber einzutauchen, dass es darauf gleichsam schwimmt; es erwächst daraus der Vortheil, dass das Gefäss selbst durch abwechselnde Hebungen und Senkungen den Veränderungen des Luftvolums folgt, so dass das Thier keine irgend nennenswerthen Anstrengungen beim Athmen zu machen braucht.

Der Rauminhalt der Gefässe wurde natürlich vor den Versuchen festgestellt. Durch die Verbindungsschläuche, so wie durch die beiden Ventile war allerdings eine kleine Ungenauigkeit in die Berechnung des Luftraumes eingeführt. Für das relative Verhältniss der Gase war diese vollkommen gleichgiltig. Bei den Bestimmungen der absoluten Mengen konnte sie aber vernachlässigt werden, da der Athmungsraum so gross genommen wurde, dass diese Ungenauigkeit keinen messbaren Fehler in der Berechnung herbeiführen konnte. Zu den letzteren Bestimmungen diente eine cylindrische Flasche mit langem konischen Halse, der mit Theilstrichen versehen war, welche je 5 CC. entsprechen.

Diese Vorrichtungen wurden zu jedem Versuche vollständig zusammengestellt, die Kautschukverbindungen nach Art der Elementaranalyse mit Seidenfäden befestigt und das Ganze auf luftdichten Schluss geprüft. Die Luft im Gefäss wurde durch einige Tropfen Wasser mit Wasserdampf gesättigt, das Gefäss senkrecht in Quecksilber gestellt und das Volum aus der Entfernung abgelesen. Hierauf wurde dem Thiere die Trachea geöffnet, die Canule luftdicht eingebunden und das Thier an den Apparat gebracht. Zur bestimmten Zeit wurde das Metallrohr mittelst eines dickwandigen Kautschuk-

rohrs mit der Canule in Verbindung gesetzt und das Thier athmen gelassen.

Nach Beendigung des Versuchs wurden die beiden den Athmungsraum mit den Ventilen verbindenden Kautschukröhren durch Klemmen rasch abgeschlossen, wie sie Lothar Meyer für ähnliche Zwecke benützte. Das Glas wurde hierauf wieder senkrecht in das Quecksilber gestellt, so dass der Spiegel innen und aussen in gleichem Niveau stand, und mindestens 15 Minuten gewartet, um die Temperatur der enthaltenen Luft mit der umgebenden möglichst zur Ausgleichung kommen zu lassen, hierauf die Ablesung nach dem Versuch vorgenommen. Die Differenz der beiden Volumen bei gleicher Temperatur und gleichem Druck ergab die Menge des verschwundenen Gases.

Ist dies Alles mit der gehörigen Vorsicht beendigt, so gelingt es leicht, Proben von der rückständigen Luft in Absorptionsröhren überzufüllen und dann nach den bekannten Methoden der Gasanalyse weiter zu untersuchen. Die einzige Abweichung von den in Bunsens Abhandlung ausführlich erörterten Methoden, welche bei den nachstehen Analysen nöthig war, erheischte die Erzielung einer möglichst gleichmässigen Temperatur, indem zur Ausführung der Analysen kein eigenes Zimmer zu Gebote stand. Zu diesem Ende wurde ein grosser viereckiger eiserner Behälter construirt, der auf einem 1′ hohen hölzernen Tisch mit Rollen ruhte. Die beiden breiteren Seiten dieses Behälters hatten je ein zwei Drittheile der Breite einnehmendes Fenster von Spiegelglas, welches so weit herabreichte, um die in den Behälter versenkte Wanne mit den Messinstrumenten etc. soweit als nöthig sichtbar zu lassen, und von denen eines eine Centimetertheilung trägt. In diesen Behälter, der in entsprechender Höhe mit Wasser gefüllt wurde, wurde die gleichfalls eiserne Quecksilberwanne so oft als nöthig mittelst einer an der Decke und der Seitenwand des Zimmers angebrachten Rollenvorrichtung eingesenkt. Die Ablesung konnte an den im Behälter befindlichen Instrumenten ohne alle Schwierigkeit mittelst des Fernrohrs vorgenommen werden. Die Gase in den Messröhren hatten bei dieser Vorrichtung stets in spätestens einer Viertelstunde ihre Temperatur mit der des umgebenden Wassers vollständig ausgeglichen. Der Stand des Wasserspiegels im Behälter über dem Quecksilberniveau der Wanne konnte an der eingeätzten Centimeterscala des Fensters abgelesen

werden; auf Quecksilberdruck bei 0° reducirt und zu dem jeweiligen Barometerstand addirt gab er den Druck, unter welchem das Gas gemessen wurde.

Von der zu Gebote stehenden Luft wurden, soweit es Zeit und Raum gestatteten, Doppelanalysen ausgeführt, die wo möglich verschiedenen Tiefen des Gefässes entnommen waren. Die mitzutheilenden Zahlen zeigen, dass auch bei einzelnen Analysen die gefundene und die wahre Zusammensetzung der Luft sich höchstens innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenzen unterscheiden kann.

Die Versuchsreihe, welche ich zuerst mittheilen werde, bezieht sich hauptsächlich auf das Verhalten des Sauerstoffs und auf die Grenze, bis zu welcher er in einem gegebenen Luftvolum durch den Athmungsprocess herabgedrückt werden kann. Es sind diese Versuche dem Principe nach nicht neu; Berthollet[1]), Schübler[2]), Legallois[3]), Allen und Pepys[4]) und in jüngster Zeit Bernard[5]) haben sich mit dieser Frage beschäftigt. Eine Prüfung und Bestätigung der von diesen Forschern gewonnenen Resultate war wünschenswerth, wegen der weniger vollkommenen analytischen Hilfsmittel der früheren Zeiten; die Versuche Bernard's, bieten leider sowohl hinsichtlich der Methode als hinsichtlich der Ausführung der Analysen zu wenig Garantien für ihre Zuverlässigkeit, als dass sie eine experimentelle Prüfung für überflüssig könnte erscheinen lassen.

Die Erscheinungen, welche die Thiere bei diesen Versuchen darboten, waren stets dieselben und nur der Zeit nach verschieden je nach der Grösse des Athmungsraumes. Die Thiere athmeten anfangs eben so ruhig fort wie in atmosphärischer Luft; nach einiger Zeit wurden sie unruhig und die Respiration häufiger; diese Unruhe wurde bald von convulsivischen Bewegungen der Respirations- und Extremitätenmuskeln gefolgt. Sobald diese eintraten, wurden die sichtbaren Schleimhäute mehr und mehr bläulich, zugleich nehmen die Athembeschwerden mehr und mehr an Intensität zu und mit ihnen die allgemeinen klonischen Krämpfe, bis letztere die höchste Höhe erreicht hatten, worauf die Respiration immer langsamer, aussetzen-

---

[1]) Schweigger's Journal. Band I.

[2]) Schweigger's Journal. Band II, p. 297.

[3]) Annales de chimie et physique. Bd. IV, p. 162.

[4]) Schweigger's Journal. Band I, p. 182.

[5]) Lecons sur les effets des substances toxiques. Par M. Claude-Bernard, Paris 1857.

der wurde, bis sie endlich ganz aufhörte zugleich mit dem Verschwinden des Herzschlags und der Reflexe bei Berührung der Cornea. Sobald dieser Zeitpunkt eingetreten war, wurden die Kautschukröhren, welche die beiden Ventile mit dem Athmungsraum verbanden, durch die oben angegebenen Klemmen rasch abgeschlossen, hierauf die Verbindung des Apparats der Tracheacanule unterbrochen und versucht, durch künstliche Respiration das Thier wieder zum Leben zu bringen. Bei einiger Übung gelingt letzteres fast ohne Ausnahme, wie Bernard ganz richtig angibt, indem zuerst an den Muskeln des Halses einzelne Bewegungen sichtbar werden, die sich in Form leichter Zuckungen weiter verbreiten und der Herzschlag fühlbarer wird, worauf dann erst langsamer, dann immer rascher erfolgende Athemzüge sich einstellen, die sich in kurzer Zeit von normalen Athembewegungen in nichts mehr unterscheiden.

Bei allen diesen Versuchen beobachtet man keine wesentliche Verminderung des Luftvolums, eine von fast allen Beobachtern constatirte Thatsache. Der schädliche Einfluss auf die Leichtigkeit der Athmung, den diese Verminderung ausüben könnte, muss natürlich eliminirt werden entweder durch Nachgiessen von Quecksilber in das als Wanne dienende Gefäss, in welches der Luftbehälter gesetzt wird, oder dadurch, dass man letzterem von vorne herein eine solche Stellung gibt, dass er durch sein eigenes Gewicht bei eintretender Verkleinerung des Athmungsraums tiefer in das Quecksilber eintaucht.

Der Inhalt des Luftraums hatte im Anfang aller nachstehenden Versuche die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Das Übrige wird bei den einzelnen Versuchen angegeben werden.

Versuch 1. 25. Februar 1858.

Erwachsenes Kaninchen, im abgeschlossenen Raume von 125 CC. athmend bis zu heftigen Suffocationszufällen. Dauer des Versuchs 4 Minuten. Die Analyse der Endluft gibt folgende Resultate:

Absorptionsrohr I.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	174·35	682·96	11·6	114·23 [1])
Mit ClCa getrocknet . . .	176·68	685·14	15·4	114·55
Nach Absorption der CO_2 .	159·52	667·76	8·4	103·83

[1]) Die Correctionen des Meniscus, der Calibrirungstabelle, des Drucks etc. sind in den Zahlen schon enthalten; die Anfangsvolumen in den Absorptionsröhren sind als trockenes Gas berechnet.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr IV.				
Anfangsvolum	116·7	730·77	11·6	81·89
Mit ClCa getrocknet . . .	118·4	738·30	15·4	82·70
Nach Absorption der CO_2 .	197·3	716·41	8·4	74·57
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	144·096	506·43	9·8	70·44
Nach Zusatz von Wasserstoff	283·764	639·89	8·8	175·91
Nach Zusatz von Knallgas .	359·4	702·41	13·1	240·90
Nach der Explosion	286·19	627·159	15	170·15

Die Zusammensetzung der Luft ist:

	I	II	Mittel
CO_2	9·79	9·83	9·81%
O	—	2·45	2·45 „
N	—	87·72	87·74 „

Das Thier wurde hierauf mit einem reines Sauerstoffgas enthaltenen Luftraum von etwa 300 CC. in Verbindung gesetzt. Es erholte sich hier sehr rasch und brachte etwa $^3/_5$ der enthaltenen Luft zum Verschwinden. Der Versuch musste sodann wegen eines Fehlers am Apparat unterbrochen werden. Das Thier wurde kurze Zeit an freier Luft athmen gelassen und hierauf neuerdings mit dem vorigen Raum, dessen Luft erneuert war, in Verbindung gesetzt, bis es vollständig erstickte, was nach fünf Minuten eingetreten war.

Versuch 2. Endluft.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr I.				
Anfangsvolum	148·9	729·47	11·6	104·20
Mit ClCa getrocknet . . .	149·3	737·39	15·4	104·22
Nach Absorption der CO_2 .	134·8	717·16	8·4	93·79
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum	126·4	667·10	11·6	80·88
Mit ClCa getrocknet . . .	126·6	678·56	15·4	81·346
Nach Absorption der CO_2 .	113·8	661·23	8·4	73·004
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	272·66	543·50	9·4	143·27
Nach Zusatz von Wasserstoff	383·25	644·59	8·6	239·50
Nach Zusatz von Knallgas .	448·57	693·96	13·1	297·03
Nach der Explosion . . .	385·71	634·97	11·8	234·77

Die Luft enthält;

	I	II	Mittel
CO_2	10·00	10·25	10·12%
O	—	0·99	0·99 „
N	—	88·76	88·89 „

Versuch 8. 7. Juni 1858.

Erwachsenes Kaninchen, mit demselben Luftraum. Die Luft des ersten Versuches geht beim Umfüllen verloren.

Nach einer Viertelstunde Wiederholung des Versuchs. Dauer 4 Minuten. Das Thier wird durch künstliche Respiration wieder belebt.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr I.				
Anfangsvolum getrocknet .	125·346	649·72	22·6	75·214
Nach Absorption der CO_2 .	115·067	640·41	22·2	68·047
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	150·0	503·77	23·1	69·674
Nach Zusatz von Wasserstoff	204·11	557·39	23·7	104·69
Nach Zusatz von Knallgas .	307·92	630·39	20·4	178·80
Nach der Explosion	198·85	551·01	24·1	100·73
Nach Zusatz von Luft . . .	224·40	673·86	24·5	200·62
Nach Zusatz von Knallgas .	370·2	692·43	25·0	234·85
Nach der Explosion	268·80	617·79	26·0	151·27
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum getrocknet .	105·04	644·92	22·6	62·818
Nach Absorption der CO_2 .	94·90	646·59	22·2	56·754
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	80·8	423·36	23·7	31·476
Nach Zusatz von Wasserstoff	115·0	457·57	24·5	48·291
Nach Zusatz von Knallgas .	179·82	521·52	24·8	85·98
Nach der Explosion . . .	111·8	453·87	24·5	46·465
Nach Zusatz von Luft . . .	223·26	564·07	24·8	115·46
Nach Zusatz von Knallgas .	261·67	602·70	24·8	144·66
Nach der Explosion . . .	189·88	531·48	25·1	92·426

Die Endluft enthält:

	I	II	Mittel
CO_2	9·52	9·65	9·58
O	1·71	1·74	1·73
N	88·77	88·63	88·69

Versuch 4.

Dasselbe Thier wird nach viertelstündiger Ruhe an denselben Luftraum gebracht. Nach 2 Minuten beginnende Suffocation; nach 4 Minuten Aufhören der Respiration, Unempfindlichkeit der Cornea. Das Thier wird durch künstliche Respiration wieder belebt.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum getrocknet .	166·8	739·92	22·5	114·04
Nach Absorption der CO_2 .	152·1	740·51	22·1	104·21
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	177·77	534·45	23·1	87·602
Mit Wasserstoff	235·42	591·86	23·7	128·22
Mit Knallgas	345·50	722·62	23·4	223·16
Nach der Explosion . . .	228·72	584·97	24·1	122·93

Die Luft enthält:

CO_2	8·62%
O	1·82 „
N	89·86 „

Versuch 5.

Dasselbe Thier wird nach 20 Minuten nochmals an den Luftraum gebracht. Dauer abermals 4 Minuten. Längere Zeit fortgesetzte künstliche Respiration stellt auch diesmal das Thier wieder her.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr IV.				
Anfangsvolum getrocknet .	66·2	668·51	22·5	42·127
Nach Absorption der CO_2 .	61·4	661·26	22·5	38·680
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	180·94	525·78	24·5	87·307
Mit Wasserstoff	230·75	575·86	24·8	121·305
Mit Knallgas	307·9	651·74	24·8	184·06
Nach der Explosion	224·23	568·13	25·1	116·67

Die Luft enthält:

CO_2	8·18%
O	1·61 „
N	90·21 „

Versuch 6. 11. Juni 1858.

Erwachsenes Kaninchen an demselben Luftraum. Dauer des Versuchs 5 Minuten.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr I.				
Anfangsvolum	195·7	701·6	23·5	126·43
Mit ClCa getrocknet . . .	193·0	717·49	24·7	126·34
Nach Absorption der CO_2 .	170·505	712·87	25·4	111·40
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	176·75	634·08	25·3	99·33
Mit Wasserstoff	257·92	596·36	25	135·51
Mit Knallgas	371·78	716·47	26·1	243·48
Nach der Explosion . . .	238·89	587·99	25·3	128·56
Mit Luft	337·01	684·98	25·6	210·94
Mit Knallgas	390·2	720·32	25·7	256·91
Nach der Explosion . . .	254·06	631·25	25·9	163·79

Dies ergibt die Zusammensetzung:

CO_2	11·82%
O	2·07 „
N	86·11 „

Versuch 7.

Nach 15 Minuten wird derselbe Versuch mit dem Thiere wiederholt. Die Respiration ist etwas beschleunigter. Künstliche Respiration bringt das Thier wieder zum Leben. Dauer des Versuchs 5 Minuten.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	216·6	700·92	23·5	139·79
Mit ClDa getrocknet . . .	212·9	715·79	24·7	139·76
Nach Absorption der CO_2 .	183·2	747·22	25·4	125·13
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	67·7	492·81	25·3	30·488
Mit Wasserstoff	103·6	450·49	25	42·759
Mit Knallgas	157·3	501·27	26·1	80·209
Nach der Explosion	99·8	431·25	27·2	39·958

Die Luft enthält:

CO_2	10·39%
O	2·74 „
N	86·87 „

Versuch 8.

Nach einer Viertelstunde derselbe Versuch an demselben Thier. Dauer 5 Minuten 20 Secunden.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum	179·4	717·00	23·5	117·51
Mit ClCa getrocknet . . .	175·4	730·56	24·7	117·51
Nach Absorption der CO_2 .	160·7	732·78	25·4	107·74
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	128·8	472·68	26·3	55·53
Mit Wasserstoff	187·77	534·67	25·6	91·89
Mit Knallgas	230·41	548·20	21·0	115·34
Nach der Explosion . . .	182·14	527·93	26·5	87·65

Die Luft enthält:

CO_2 8·31%
O 2·27 „
N 89·42 „

Versuch 9.

Erwachsenes Kaninchen an demselben Luftraum. Mehrere Versuche, welche rasch nach einander vorgenommen werden, so dass zwischen jedem nur 5 bis 7 Minuten liegen. Erster Versuch. Dauer 4 Minuten.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr I.				
Anfangsvolum	190·024	728·43	18·2	129·71
Mit ClCa getrocknet . . .	190·084	738·64	22·9	129·55
Nach Absorption der CO_2 .	167·345	733·54	23·45	113·08
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	189·01	630·21	23·3	109·82
Mit Wasserstoff	226·88	661·78	24·1	137·95
Mit Knallgas	284·3	680·53	24·2	177·74
Nach der Explosion	215·38	650·54	24·1	128·75

Die Luft enthält:

CO_2 12·71%
O 2·43 „
N 84·86 „

Versuch 10.

Dasselbe Thier an demselben Luftraum, nach 7 Minuten. Dauer des Versuchs 5 Minuten 15 Secunden.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum	175·2	751·13	18·2	123·38
Mit ClCa getrocknet . . .	175·0	764·48	22·9	123·43
Nach Absorption der CO_2 .	163·6	745·49	23·45	112·17

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	155·8	579·44	21·7	83·63
Mit Wasserstoff	226·48	650·85	21·6	136·6
Mit Knallgas	290·1	670·43	21·6	186·09
Nach der Explosion	210·57	634·83	21·6	123·88

Die Luft enthält:

CO_2	9·12%
O	4·62 „
N	56·26 „

Versuch 11.

Derselbe Versuch wird mit demselben Thier noch fünfmal wiederholt; es gelingt jedesmal, durch künstliche Respiration das Thier wieder zu beleben, doch muss sie bei den letzten Versuchen längere Zeit angewendet werden.

Im 7. Versuche, der 5 Minuten dauert, stirbt das Thier.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 6°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr I.				
Anfangsvolum	162·2	714·90	22·7	107·05
Mit ClCa getrocknet . . .	158·5	730·19	22·1	107·07
Nach Absorption der CO_2 .	148·1	715·03	22·8	97·705
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	205·02	652·23	23·3	123·29
Mit Wasserstoff	280·37	720·65	24·1	185·67
Mit Knallgas	352·10	740·31	24·1	239·53
Nach der Explosion	248·83	689·58	25·1	157·68
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	140·2	718·04	22·7	93·013
Mit ClCa getrocknet . . .	139·5	720·21	22·1	92·95
Nach Absorption der CO_2 .	129·5	709·37	22·8	84·863
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	216·85	659·41	22·2	132·25
Mit Wasserstoff	288·93	730·97	22·1	195·39
Mit Knallgas	352·72	746·23	22·0	243·58
Nach der Explosion	255·64	697·41	21·7	164·92

Die Zusammensetzung der Luft ist:

	I	II	Mittel
CO_2	8·74	8·70	8·72
O	6·90	7·00	6·95
N	84·36	84·30	84·33

Versuch 12.

Erwachsenes Kaninchen; im Curs von Professor Ludwig an denselben Apparat gebracht. Dauer des Versuches 4 Minuten.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr I.				
Anfangsvolum	220·9	716·46	21·2	146·87
Mit ClCa getrocknet . . .	216·1	733·43	20·5	147·43
Nach Absorption der CO_2 .	207·8	702·73	25·2	133·70
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	237·57	577·31	23·6	126·25
Mit Wasserstoff	269·22	607·02	23·7	150·39
Mit Knallgas	324·6	622·82	24·1	185·80
Nach der Explosion	256·77	592·95	23·6	140·15

Die Luft enthält:

CO_2	9·31%
O	2·44 „
N	88·52 „

Versuch 13. 5. Juli 1858.

Kaninchen mit einem abgeschlossenen Luftraume von 500 CC. in Verbindung gesetzt. Dauer des Versuches 9 Minuten.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	146·88	665·03	22·5	90·24
Mit ClCa getrocknet . . .	142·51	683·17	18·7	91·119
Nach Absorption der CO_2 .	133·43	667·11	24·4	81·72
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	136·38	510·32	23·1	64·298
Mit Wasserstoff	166·76	540·13	22·95	83·085
Mit Knallgas	217·4	564·03	23·0	113·10
Nach der Explosion	155·27	528·29	22·8	75·71
Absorptionsrohr IV.				
Anfangsvolum	127·4	743·03	22·5	87·41
Mit ClCa getrocknet . . .	121·6	761·67	18·7	86·68
Nach Absorption der CO_2 .	113·6	745·67	24·4	77·76
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	295·40	628·89	23·7	171·06
Mit Wasserstoff	365·279	794·48	23·8	233·48
Mit Knallgas	440·34	715·12	23·8	289·67
Nach der Explosion	344·54	673·31	24·0	213·38

Die Luft enthält:

	I	II	Mittel
CO_2	10·31	10·29	10·30
O	3·42	3·50	3·46
N	86·27	86·21	86·24

Versuch 14.

Dasselbe Thier nach Verlauf einer Viertelstunde an demselben Luftraume. Dauer des Versuches 9 Minuten.

Die Analyse der Endluft ergibt:

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum	141·4	88·62	22·5	89·96
Mit ClCa getrocknet . . .	136·4	706·02	18·7	90·04
Nach Absorption der CO_2 .	130·56	693·49	24·4	83·11
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	149·79	546·54	23·1	75·583
Mit Wasserstoff	189·70	582·79	22·95	102·904
Mit Knallgas	228·23	603·82	23·0	127·11
Nach der Explosion	196·49	569·61	22·8	92·896

Dies gibt

CO_2	7·69%
O	3·72 „
N	88·59 „

Versuch 15.

Derselbe Versuch nach einer weiteren Viertelstunde an demselben Thiere. Dauer 8 Minuten. Das Thier wird auch diesmal durch künstliche Respiration zum Leben gebracht.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum	84·64	600·56	23·7	46·77
Mit ClCa getrocknet . . .	82·6	617·89	22·2	47·202
Nach Absorption der CO_2 .	76·5	611·7	22·3	43·256
Eudiometer I.				
Anfangsvolum	76·383	446·82	23·5	31·428
Mit Wasserstoff	117·49	481·16	23·8	52·002
Mit Knallgas	178·19	522·13	23·8	85·58
Nach der Explosion	111·36	474·87	24·0	48·612
Absorptionsrohr VIII.				
Anfangsvolum	188·02	641·89	23·7	111·06
Mit ClCa getrocknet . . .	183·12	657·25	22·2	111·31
Nach Absorption der CO_2 .	171·48	645·58	22·7	102·00

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	179·99	534·26	23·6	88·531
Mit Wasserstoff	219·09	583·43	23·7	118·11
Mit Knallgas	291·42	624·23	24·1	167·17
Nach der Explosion	210·163	560·94	23·6	108·515

Die Luft enthält:

	I	II	Mittel
CO_2	8·35	8·28	8·31
O	3·29	3·31	3·30
N	88·36	88·41	88·39

Die folgenden Versuche wurden mit einem grössern Luftbehälter ausgeführt, welcher eine Theilung von 5 zu 5 Kubikcentimetern am Halse trug und das Volum der Athmungsluft vor und nach dem Versuche mit hinreichender Genauigkeit abzulesen gestattete.

Versuch 16. 20. Juli 1858.

Erwachsenes Kaninchen in atmosphärischer Luft. Dauer des Versuchs 10 Minuten. Volum der Luft im Beginn 750 CC., nach Beendigung des Versuchs 716 CC. Das Thier kann durch künstliche Respiration nicht mehr zum Leben gebracht werden.

Absorptionsrohr III.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	161·0	809·66	24·5	104·86
Mit ClCa getrocknet . . .	157·4	728·47	24·5	105·23
Nach Absorption der CO_2 .	142·25	715·501	24	93·56
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	161·60	526·73	23·95	76·802
Mit Wasserstoff	211·37	578·04	24·0	122·32
Mit Knallgas	293·2	607·92	24·0	163·85
Nach der Explosion	198·84	561·16	24·0	102·57
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum	160·36	709·86	24·5	104·47
Mit ClCa getrocknet . . .	156·48	728·05	24·5	104·25
Nach Absorption der CO_2 .	141·76	716·83	24	93·41
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	149·30	593·41	24·2	81·389
Mit Wasserstoff	254·14	697·20	24·2	162·75
Mit Knallgas	322·6	720·42	34·1	206·95
Nach der Explosion	241·94	686·34	24·2	152·54

Die Anfangsluft enthielt in 750 CC.

O 157·2 CC.
N 592·8 „

Die Endluft ergab

	I	II	Mittel
O_2	11·09	10·65	10·87
O	3·76	3·73	3·75
N	85·15	85·62	85·39

und in absoluter Menge

CO_2	77·829 CC.
O	26·850 „
N	611·321 „
	716·000 CC.

Die Dauer des Versuches war 10 Minuten. Das Thier verzehrte während dieser Zeit 130·35 CC. Sauerstoff, was für eine Minute 13·03 CC. ergibt. In der Endluft waren aber nur enthalten 77·829 CC. Kohlensäure, mithin fehlten vom verzehrten Sauerstoffvolum 52·52 CC., welche als Kohlensäure im Thier blieben. Zugleich fand sich aber in der Endluft ein Überschuss von 18·521 CC. Stickstoff.

Versuch 17. 20. Juli 1858.

Erwachsenes Kaninchen, schwächlich, mit starker Conjunctivablennorrhöe, überhaupt anscheinend leidend. Dauer des Versuchs 6 Minuten 50 Secunden. Das Thier wird durch künstliche Respiration rasch wieder belebt. Volum der Anfangsluft 750 CC., der Endluft 730 CC.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr IV.				
Anfangsvolum	125·6	705·27	24·1	81·402
Mit ClCa getrocknet . . .	122·6	824·39	23·4	81·693
Nach Absorption der CO_2 .	112·6	714·95	22·6	74·351
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	220·15	578·23	24·2	116·952
Mit Wasserstoff	334·72	691·22	24·2	212·54
Mit Knallgas	388·4	730·43	24·2	260·96
Nach der Explosion	312·3	671·20	24·2	192·56
Absorptionsrohr IX.				
Anfangsvolum	203·07	685·83	24·1	126·72
Mit ClCa getrocknet . . .	197·87	702·07	23·4	126·65
Nach Absorption der CO_2 .	182·27	691·72	22·6	115·17
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	164·16	566·03	24·2	85·46
Mit Wasserstoff	266·56	661·54	24·2	162·12
Mit Knallgas	322·4	702·04	24·2	207·93
Nach der Explosion	250·0	646·10	24·2	148·52

Die Anfangsluft enthält in 750 CC.

O 157·2 CC.
N 592·8 „

Die Endluft ergab

	I	II	Mittel
CO_2	8·99	9·08	9·03
O	5·18	4·82	5·00
N	85·83	86·10	85·97

und in absoluter Menge

CO_2 65·91 CC.
O 36·50 „
N 627·59 „

Die Dauer des Versuchs beträgt 6·8 Minuten.

Das Kaninchen verzehrte während dieser Zeit 120·7 CC. Sauerstoff, was für die Minute 17·7 CC. gibt. Die Endluft enthielt nur 65·91 CC. Kohlensäure, mithin blieben von dem verzehrten Sauerstoff 54·79 CC. in Form von Kohlensäure im Thiere. Zugleich enthält aber die Endluft ein Plus von 34·79 CC. Stickstoff.

Versuch 18. 28. Juli 1858.

Erwachsenes Kaninchen in Verbindung mit dem Luftraume von 750 CC., nachdem es bereits 40 Minuten im abgeschlossenen Raume von Sauerstoff (und Kohlensäure) geathmet hatte. Beginn des Versuches 7 Minuten nach Beendigung des Sauerstoffversuches. Dauer 10 Minuten. Volum der Anfangsluft 750 CC., der Endluft 722 CC.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum	180·49	709·65	24·6	117·505
Mit ClCa getrocknet . . .	176·01	727·43	23·6	117·86
Nach Absorption der CO_2 .	152·0	721·06	19·4	102·33
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	129·24	538·67	19·3	65·023
Mit Wasserstoff	159·58	566·29	18·8	84·659
Mit Knallgas	237·07	602·43	18·8	133·62
Nach der Explosion	143·67	537·15	18·7	72·314
Absorptionsrohr VIII.				
Anfangsvolum	257·5	727·99	24·6	171·97
Mit ClCa getrocknet . . .	251·9	745·29	23·6	172·81
Nach Absorption der CO_2 .	220·1	729·73	19·4	149·96

Eudiometer III.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	86·02	505·32	19·3	40·674
Mit Wasserstoff	118·80	537·00	19·3	59·686
Mit Knallgas	166·95	560·23	19·3	87·35
Nach der Explosion	106·62	523·49	19·3	52·229

Die Anfangsluft enthält in 750 CC:

O 157·2 CC.
N 592·8 „

Die Endluft ergibt:

	I	II	Mittel
CO_2	13·17	13·22	13·195
O	5·29	5·49	5·39
N	81·54	81·29	81·415

und in absoluter Menge:

CO_2 95·27 CC.
O 38·96 „
U 587·77 „

Der Versuch dauerte 10 Minuten. Während dieser Zeit verzehrte das Kaninchen 118·24 CC. Sauerstoff, mithin in 1 Minute 11·8 CC. Dafür erschienen blos 95·27 CC. Kohlensäure in der Endluft. Es fehlen mithin von dem verzehrten O 22·97 CC., welche im Thier blieben. Ferner ergibt sich ein Minus von 5·03 CC. Stickstoff.

Die vier folgenden Versuche betreffen zwei Kaninchen, bei welchen vor dem Versuche Blut aus der *Vena jugularis* genommen wurde, um zu sehen, ob mässige Blutentziehungen einen Einfluss auf die Sauerstoffabsorption nachweisen liessen. Die benutzten Apparate erwiesen sich aber als unzureichend. Einmal durfte das entzogene Blutvolum nicht zu gross sein, weil sonst bei der herbeigeführten Schwäche des Thieres ein rascheres Ersticken wegen zu schneller Ermüdung zu fürchten war, andererseits war bei einer mässigen Blutentziehung die Verminderung der in der Zeiteinheit durch die Lungencapillaren strömenden Blutkörperchenmenge eine zu unbedeutende, als dass ihr Einfluss für die kurze Dauer der vorliegenden Versuche sehr merklich hätte sein können. Wir können daher ohne Fehler die folgenden Versuche als an normalen Thieren angestellt betrachten.

Versuch 19. 11. August 1858.

Kräftiges Kaninchen, nach Entleerung von etwa 5 CC. Blut, im Raume von 750 CC. atmosphärischer Luft erstickt, dann durch künstliche Respiration wieder zum Leben gebracht. Dauer des Versuches 10 Minuten. Volum der Anfangsluft 750 CC., der Endluft 736 CC.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum getrocknet .	174·4	756·32	22·2	121·99
Nach Absorption der CO_2 .	156·3	736·60	22·4	106·41
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	159·70	591·95	22·6	87·511
Mit Wasserstoff	233·28	666·61	22·6	143·63
Mit Knallgas	290·42	689·42	22·6	184·92
Nach der Explosion	219·15	661·88	22·6	133·96
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum getrocknet .	175·41	754·94	22·2	122·47
Nach Absorption der CO_2 .	156·68	737·10	22·4	106·73
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	143·67	593·14	22·4	78·74
Mit Wasserstoff	201·04	649·17	22·8	120·46
Mit Knallgas	264·30	670·32	22·7	163·57
Nach der Explosion	189·21	637·98	22·7	111·45

Die Anfangsluft enthielt in 750 CC.

O 157·2 CC.
N 592·8 „

Die Endluft enthielt:

	I	II	Mittel
CO_2	12·77	12·85	12·81%
O	3·30	3·32	3·31 „
N	83·93	83·83	83·88 „

und in absoluter Menge:

CO_2 94·28 CC.
O 24·43 „
N 617·29 „
736·00 CC.

Der Versuch dauerte 10 Minuten; während derselben Zeit wurden aufgenommen 132·77 CC. Sauerstoff, was für die Minute 13·27 ergibt.

Dafür erschienen 94·28 CC. Kohlensäure in der Exspirationsluft, es fehlen mithin vom verzehrten Sauerstoff 38·49 CC., welche in dem Thier blieben. Zugleich findet sich ein Plus von 24·49 CC. Stickstoff.

Versuch 20.

Dasselbe Thier wurde nach halbstündiger Ruhe an denselben Luftraum gebracht, zwischen die Ventile und den Athmungsraum waren jedoch zwei U-förmige Röhren mit feuchtem Kalihydrat und zwei Liebig'sche Kaliapparate zur Entfernung der Kohlensäure gebracht. Dadurch wurde natürlich eine genauere Bestimmung des Luftraumes unmöglich; andererseits aber hatte das Thier jetzt weit mehr Widerstände zu überwinden als früher, indem zu der Quecksilbersäule der Ventile noch die Säule der Kalilösung und der Widerstand in den U-förmigen Röhren kam. Wie beträchtlich diese Hindernisse waren, zeigt das Resultat des Versuches. Dauer 9 Minuten. Die Endluft entsprechend der absorbirten Kohlensäure beträchtlich vermindert.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr VIII.				
Anfangsvolum getrocknet .	224·6	709·37	21·3	147·80
Nach Absorption der CO_2 .	223·6	708·20	21·5	146·80
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	201·68	565·70	22·4	105·45
Mit Wasserstoff	248·37	619·79	22·8	142·08
Mit Knallgas	302·00	640·07	22·7	178·48
Nach der Explosion	210·59	583·20	22·7	113·40
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum getrocknet .	99·562	751·135	22·2	59·99
Nach Absorption der CO_2 .	99·762	751·33	22·4	60·08
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	130·81	498·56	22·6	60·55
Mit Wasserstoff	230·24	596·72	22·6	127·20
Mit Knallgas	291·40	630·42	22·6	151·21
Nach der Explosion	208·96	575·61	22·6	111·40

Die Luft enthält:

	I	II	Mittel
CO_2	0·00	0·67	0·33%
O	8·69	9·06	8·88 „
N	91·31	90·27	90·79 „

Versuch 21. 17. August 1858.

Kaninchen, nach Entziehung von 6 Grm. Blut aus der *Vena jugularis* mit dem Luftbehälter in Verbindung gesetzt. Dauer des Versuches 9 Minuten 40 Secunden. Volum der Luft im Beginne 710 CC., am Ende 695 CC.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum getrocknet .	192·53	722·54	23·5	128·10
Nach Absorption der CO_2 ·	175·51	703·79	21·9	114·36
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	136·38	500·11	23·2	62·86
Mit Wasserstoff	220·29	582·23	23·0	118·28
Mit Knallgas	266·3	604·02	23·0	148·37
Nach der Explosion	208·83	572·79	22·8	110·41

Die Anfangsluft enthält:

O 148·82 CC.
N 561·18 „

Die Endluft zeigte

CO_2 10·72%
O 3·72 „
N 85·56 „

und in absoluter Menge

CO_2 74·504 CC.
O 25·854 „
N 594·642 „

Die Dauer des Versuches ist 9 Minuten 40 Secunden. In dieser Zeit wurden verzehrt 122·96 CC. Sauerstoff, mithin in 1 Minute 12·7 CC. Dafür erschienen in der Endluft 74·5 CC. Kohlensäure; vom verschwundenen Sauerstoff fehlten mithin 48·464 CC., welche in dem Thiere blieben. Zugleich findet sich in der Endluft ein Plus von 33·46 CC. Stickstoff.

Versuch 22.

Dasselbe Thier an demselben Luftraume; jedoch waren die beiden Quecksilberventile durch zwei Kaliventile ersetzt. Der letztere Umstand gestattete auch hier keine genaue Bestimmung des Volums. Dauer des Versuches 7 Minuten.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr IV.				
Anfangsvolum getrocknet .	125·6	727·05	23·5	84·08
Nach Absorption der CO_2 .	120·6	720·04	21·9	80·39
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	143·07	580·59	23·2	76·56
Mit Wasserstoff	213·86	652·35	23·0	128·68
Mit Knallgas	273·00	694·32	22·9	174·89
Nach der Explosion	198·39	637·94	22·8	116·82

Dies gibt folgende Zusammensetzung:

CO_2 4·39%
O 4·93 „
N 90·68 „

Auch hier war entsprechend der Menge von absorbirter Kohlensäure das Luftvolum zu Ende des Versuches sehr beträchtlich vermindert.

Der in den bisher mitgetheilten Versuchen in die Augen springende Einfluss der Grösse des Athmungsraumes auf den rückständigen Sauerstoffgehalt liess es wünschenswerth erscheinen, auch noch den möglichst kleinsten Athmungsraum, in dem ein Thier ersticken kann, auf seinen Sauerstoffgehalt zu untersuchen. Dieser ist aber offenbar der Lungenraum selbst. Mit anderen Worten musste also noch zur Vervollständigung die Lungenluft eines Thieres untersucht werden, das in einem den Lungenraum wenig vergrössernden Luftbehälter erstickt war.

An Kaninchen liess sich dies nicht ausführen, da ihr Lungenraum zu klein ist, um eine genaue Analyse mit der darin enthaltenen Luft, auch wenn man sie nahezu vollständig bekäme, ausführen zu können.

Ich wählte daher zu diesem Versuch kleine Hunde. Diesen wurde wie früher eine passende Canule in die Trachea eingesetzt. Mit dieser Canule wurde eine einfache rechtwinkelig gebogene Glasröhre von 30 CC. Inhalt durch einen gut schliessenden Kautschukschlauch verbunden, deren unteres freies Ende in Quecksilber tauchte. Das Thier athmete mithin in einem sehr kleinen abgeschlossenen Raume, die Erstickungszufälle stellten sich natürlich sehr rasch ein; sie waren jedoch bei beiden Thieren von kurzer Dauer und verhältnissmässig geringer Heftigkeit. Nach vollständiger Erstickung des Thieres wurde zunächst die Luft aus dem vorgelegten Rohre gesammelt, was leicht dadurch gelang, dass ein Gehülfe den Thorax des todten Thieres kräftig comprimirte, wodurch die Luft aus dem Rohre ausgetrieben werden musste und in das vorgelegte Absorptionsrohr eintreten konnte. Die restirende Lungenluft wurde dadurch gewonnen, dass die Brusthöhle des Thieres mit der nöthigen Vorsicht geöffnet wurde. Beim Öffnen strömte die äussere Luft rasch und mit hörbarem Geräusch in den Pleuraraum, da natürlich in Folge des

vorhergegangenen Druckes auf die Lunge eine beträchtliche Spannung zwischen Thorax und Lungenwand bestehen musste.

In den Pleuraraum wurde rasch so viel Quecksilber eingegossen als nöthig schien, die Öffnung in der Brustwand wieder geschlossen, und es gelang nun durch eine mässig starke Compression den grössten Theil der in der Lunge enthaltenen Luft in das vorgelegte Absorptionsrohr zu füllen. Dass hierauf die Lunge auf ihre Integrität sorgfältig untersucht wurde, versteht sich von selbst. Der Fehler, den möglicherweise eine eingetretene Diffusion des Lungengases und der atmosphärischen Luft während der kurzen Zeit des Quecksilbereinfüllens herbeiführen konnte, kann kein messbarer sein, da die Lunge nur mit einer sehr geringen Oberfläche blosslag und die Diffusion der Gase durch die Lungenwand nicht so rasch vor sich geht, um hier auch nur annähernd in Betracht zu kommen.

Die Analyse der so gewonnenen Luft lieferte die folgenden höchst überraschenden Resultate, an deren Richtigkeit die Genauigkeit der analytischen Methode keinen Zweifel zulässt.

Versuch 23.

Kleiner Hund, im abgeschlossenen Raume von 30 CC. erstickt.

A. Luft des vorgelegten Rohres.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum getrocknet .	179·1	770·50	18·6	129·20
Nach Absorption der CO_2 .	159·4	757·04	19·2	112·74
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	169·61	610·79	18·9	96·892
Mit Wasserstoff	189·91	632·91	18·9	112·41
Mit Knallgas	246·20	662·37	19·2	152·36
Nach der Explosion	184·92	628·64	19·6	108·47

Die Luft enthält:

CO_2	12·74%
O	1·18 „
N	86·08 „

B. Luft aus der Lunge.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum getrocknet .	224·5	767·58	18·6	161·34
Nach Absorption der CO_2 .	196·5	740·29	19·2	135·91

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	221·02	607·51	19·1	125·49
Mit Wasserstoff	266·35	651·79	19·0	162·31
Mit Knallgas	340·0	680·24	19·0	216·24
Nach der Explosion	266·22	651·61	19·0	162·18

Das Gas enthält:

CO_2 15·76
O Spuren
N 84·24

Versuch 24.

Ein zweiter Hund von nahezu derselben Grösse, mit derselben Vorrichtung erstickt.

A. Luft des vorgelegten Rohres.

Absorptionsrohr VIII.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum getrocknet .	181·08	694·15	18·6	117·68
Nach Absorption der CO_2 .	164·56	679·20	19·2	104·43
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	173·56	559·06	18·9	90·75
Mit Wasserstoff	190·95	577·11	18·9	103·07
Mit Knallgas	295·42	596·34	19·2	164·60
Nach der Explosion	186·48	571·33	19·6	99·41

Die Luft enthält:

CO_2 11·26%
O 1·19 „
N 87·55 „

B. Luft aus der Lunge.

Absorptionsrohr VII.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum getrocknet .	56·8	633·65	18·6	33·696
Nach Absorption der CO_2 .	48·8	627·56	19·2	28·613
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	43·525	490·08	19·1	19·936
Mit Wasserstoff	69·475	516·43	19·0	33·545
Mit Knallgas	90·04	539·20	19·0	45·39
Nach der Explosion	69·03	516·01	19·0	33·303

Die Luft enthält:

CO_2 15·08%
O 0·34 „
N 84·58 „

Zur leichteren Übersicht stelle ich die Versuche in nachfolgender Tabelle zusammen.

Volum des Athem-raumes	Nr. des Versuches	CO_2 %	O %	N %	Anmerkung
30 CC.	23	12·74	1·18	86·08	
—	23	15·76	Spur	84·24	Lungenluft
30 „	24	11·26	1·19	87·55	
„ „	24	15·08	0·34	84·58	Lungenluft
125 „	1	9·81	2·45	87·74	
„ „	2	10·12	0·99	88·89	
„ „	3	9·58	1·73	88·69	
„ „	4	8·62	1·82	89·56	
„ „	5	8·18	1·61	90·21	
„ „	6	11·82	2·07	86·11	
„ „	7	10·39	2·74	86·87	
„ „	8	8·31	2·27	89·82	
„ „	9	12·71	2·43	84·86	
„ „	10	9·12	4·62	86·26	5 Min. später
„ „	11	8·72	6·95	84·33	„ „ „
„ „	12	9·31	2·44	88·52	
500 „	13	10·30	3·46	86·24	
„ „	14	7·69	3·72	88·59	
„ „	15	8·31	3·30	88·39	
750 „	16	11·87	3·75	85·38	
„ „	17	9·03	5·00	85·97	schwächl. Thier
„ „	18	13·19	5·39	81·41	war schon in O ¾ St.
„ „	19	12·81	3·31	83·88	
„ „	20	0·33	8·88	90·79	schwierige Respirat.
„ „	21	10·72	3·72	85·56	
„ „	22	4·39	4·93	90·68	

Eine Betrachtung der mitgetheilten Versuche ergibt, dass sie die oben abgeleiteten Voraussetzungen in erwünschter Weise bestätigen. Sie zeigen zunächst den Einfluss, welchen die Grösse des Athmungsraumes auf die Sauerstoffabsorption ausübt, eine Erscheinung, die sich ungezwungen aus dem oben Gesagten ableitet. Sie zeigen ferner den beträchtlichen Einfluss der Ermüdung und entgegenstehender Hindernisse. Versuch 9 und 10 sind nur durch 5 Minuten von einander getrennt; der rückständige Sauerstoff steigt dabei bis zum siebenten an diesem Thiere vorgenommenen, wo er 6·95 pCt. erreichte. Wir sehen diesen Einfluss ferner an dem kränklichen Thiere von Versuch 17 und an dem Thiere von Versuch 18, welches bereits ¾ Stunden in Sauerstoff (und Kohlensäure) geathmet hatte. Ebenso lässt sich die enorme Ziffer von Versuch 20 am ungezwungensten aus den beträchtlichen Widerständen erklären, welche hier der raschen Lüftung entgegen standen.

Die gefundene procentische Sauerstoffmenge steht mit den Angaben der früheren Forscher ziemlich in Einklang. Dass die Zahlen fast durchweg niedriger sind, erklärt sich aus der geringern Grösse des angewandten Luftvolums, aus der vollkommenen Mischung der Luft im Athmungsraume, endlich aus der erst beim Aufhören der Respiration vorgenommenen Beendigung der Versuche.

Die Verminderung des Sauerstoffgehaltes bis zu 1 Procent und noch darunter könnte auffallend erscheinen, wenn man bedenkt, wie rasch das Blut an oxygenfreier Luft Sauerstoff abgibt; es verliert sich das Auffallende, wenn man sich erinnert, dass das lebende Blut fortwährend mit Substanzen in Berührung ist, welche seinen Sauerstoff begierig aufnehmen und in feste Verbindungen überführen, ein Process, der während des Lebens mit grosser Energie vor sich geht und erst einige Zeit nach dem eingetretenen Tode sein Ende erreicht. Dagegen gestatten die grösseren Mengen rückständigen Sauerstoffs den Schluss, dass die zur Erhaltung des Lebens nothwendige Grenze dieses Gases höher liegen muss als die hier gefundenen Zahlen.

Die in allen Versuchen constante Verminderung der Athmungsluft entspricht einer gewissen Menge von aufgenommenem Sauerstoff, welcher in der Exspirationsluft als Kohlensäure nicht wieder zum Vorschein gekommen ist. Wir können ohne erheblichen Fehler annehmen, dass bei unseren Thieren dieser Sauerstofftheil sich gleich dem übrigen im Körper des Thieres in Kohlensäure verwandelt hat und in dieser Form von ihm zurückgehalten wird; da nun die Kohlensäurespannung im Athmungsraume abhängig ist von der jeweiligen des Blutes, so beweist dieses constante Factum, dass die ursprüngliche Kohlensäurespannung im Blute der untersuchten Thiere tiefer lag als die zu Ende des Versuches im Luftraume vorhandene, indem sonst eine Zurückhaltung von Kohlensäure im Blute nicht denkbar wäre. Es zeigt dies übrigens, dass alle das Verhältniss zwischen aufgenommenem Sauerstoff und exspirirter Kohlensäure betreffenden Untersuchungen mit Vorsicht aufzunehmen sind, wenn nicht für die möglichst vollständige Entfernung der gebildeten Kohlensäure in dem betreffenden Apparat gesorgt wird, oder wenn nicht, wie dies in den classischen Untersuchungen von Regnault und Reiset [1]) der Fall war, die Menge der im Thiere bleibenden Kohlensäure

[1]) Annales de chimie et physique. Bd. 36.

gegenüber der während des Versuches ausgegebenen verschwindet. Ein Druck der Kohlensäure in der äussern Luft von nur 2—3 Procent muss bereits nachweisbare Fehler in die Berechnung des gegenseitigen Verhältnisses dieser Gase einführen.

Constant findet sich ferner eine Abnahme der Kohlensäurespannung im Athmungsraume bei wiederholten Erstickungsversuchen an demselben Thiere. Bei gleichzeitiger Erhöhung des Sauerstoffrückstandes beweist dies am Ende nichts als einen geringeren Verbrennungsprocess überhaupt (Versuch 10 und 11): dagegen bietet sich bei gleichbleibendem Sauerstoffverbrauch, angenommen dass auch jetzt noch aller Sauerstoff sich zu Kohlensäure umsetzt, hiefür keine andere Erklärung als die Annahme einer Verminderung der Kohlensäurespannung im Blute, resp. den Geweben des Thieres, zur Zeit als dieses mit den Apparat in Verbindung gesetzt wurde. Worauf diese Abnahme beruht, ob sie durch die Folgen der heftigen Muskelbewegungen [1]), welche das Thier während der Suffocation macht, ob durch andere Ursachen bedingt wird, lässt sich a priori nicht mit Sicherheit entscheiden.

Der Stickstoffgehalt des Athmungsraumes zeigte sich in allen Versuchen vermehrt, und zwar in höherem Grade, als dass diese Vermehrung einfachen Beobachtungsfehlern sich zuschreiben liesse. Die einzige Ausnahme macht der Versuch 18; dieses Thier war aber vorher längere Zeit in einer an Stickstoff äusserst armen Luft. Worauf diese Stickstoffausgabe beruht, lässt sich aus dem, was wir bis jetzt über den Gaswechsel bei der Respiration wissen, nicht einmal annähernd ableiten.

Durch die mitgetheilte Versuchsreihe war am lebenden Thiere das erreicht, was hier überhaupt innerhalb der Grenzen der Möglichkeit liegt; sie zeigen für das Verhalten des Sauerstoffes, dass er bis auf geringe Spuren aus der Athmungsluft durch das lebende Blut entfernt werden kann und diese Entfernung geschieht so rasch, das sie die Erklärung durch chemische Anziehung mindestens anehmbarer erscheinen lässt als die durch einfache Absorption, während die Aufnahme einer gewissen Menge von Kohlensäure in die Säftemasse des Thieres bei gesteigertem Drucke dieses Gases in dem Athmungsraume am einfachsten aus dem Absorptionsgesetz sich ableitet.

[1]) Vergl. hierüber Prout: Über die Menge der CO_2 bei der Ausathmung zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen. Schweigger's Journal XV. p. 47.

Für das entgegengesetzte Verhalten beider Gase im lebenden Blute liessen sich fernere Beweise beibringen durch eine andere Versuchsreihe, deren Principien sich aus folgender einfacher Ableitung ergeben. Durch die Versuche von Regnault und Reiset [1]), so wie von Allen und Pepys steht fest, dass der Respirationsprocess in einer stickstofffreien oder sehr stickstoffarmen Luft sich von dem in gewöhnlicher Luft nicht wesentlich unterscheidet, indem der grössere Partiardruck des Sauerstoffes höchstens eine sehr vorübergehend vermehrte Aufnahme dieses Gases zur Folge hat. Andererseits wissen wir aus den Versuchen von Regnault und Reiset, so wie von Legallois, dass ein Thier bei hinreichender Sauerstoffzufuhr in einer sehr kohlensäurereichen Atmosphäre längere Zeit leben kann, dass sogar bei einem sehr hohen Partiardruck der Kohlensäure in der Athmungsluft ein Übertritt dieses Gases in das Blut stattfindet, wie dies das Absorptionsgesetz verlangt und wie es in der That von Legallois bereits beobachtet worden ist. Über die absoluten Mengen von Kohlensäure, welche ein Thier auf diese Weise aufnehmen kann, liegen keine Untersuchungen vor. Aus den angeführten Beobachtungen im Zusammenhalte mit dem von Lothar Meyer aufgestellten Satze ergibt sich, als natürliche Folgerung, dass, wenn man ein Thier nach vorheriger Entfernung des in der Lunge vorhandenen und des im Blute absorbirten Stickstoffes, so weit letztere möglich ist, mit einem geschlossenen Luftraume in Verbindung bringt, welcher reinen oder nahezu reinen Sauerstoff enthält, das Volum der enthaltenen Luft sich beträchtlich verringern oder sogar gänzlich verschwinden muss, indem der Sauerstoff trotz seines stetig abnehmenden Partiardruckes, weil hievon unabhängig, in das Blut aufgenommen wird, während die Kohlensäure in Folge ihrer durch die fortlaufende Production stetig gesteigerten Spannung auf dem Wege der einfachen Absorption in dasselbe übertritt.

Zum Verschwinden muss das Luftvolum kommen, wenn die absolute Kohlensäuremenge zu gering ist, um auf das Leben des Thieres einzuwirken; im anderen Falle liess sich blos eine Verminderung des Luftvolums bis zu diesem Punkte erwarten. Diese Versuchsweise gestattete aber zugleich einige andere Punkte genauer festzustellen, nämlich einmal die absolute Menge von Kohlensäure,

[1]) A. a. O. p. 126.

welche ein Thier bei hinreichender Sauerstoffzufuhr aufzunehmen im Stande ist, und ferner die Wirkungen, welche eine grosse Menge gasförmiger Kohlensäure auf den thierischen Organismus ausübt.

Zu diesem Zwecke waren an der beschriebenen Vorrichtung einige entsprechende Änderungen nothwendig. Die Entfernung des Stickstoffes aus dem Lungenraume (und Blut) konnte nur dadurch annähernd erreicht werden, dass man das Thier längere Zeit reines Sauerstoffgas einathmen liess, während die Exspirationsluft dauernd entfernt wurde. Dies liess sich wieder am einfachsten durch die bereits beschriebene Ventilvorrichtung erreichen. Nur musste das Ventil, welches für die Exspirationsluft bestimmt war, noch eine dritte Röhre enthalten, welche der Luft, so lange die Lunge mit Sauerstoffgas durchgewaschen wurde, den ungehinderten Austritt in das Freie gestattete. Diese Röhre war vollkommen wie die andere mit dem Luftbehälter in Verbindung stehende geformt, aber seitwärts abgebogen und durch ein luftdicht schliessendes Kautschukrohr mit einem kleinen Ableitungsrohr in Verbindung, welches unter Wasser tauchte, um dem Thiere die Überwindung eines weiteren hier ganz unnöthigen Quecksilberdruckes zu ersparen. Die Ventile standen übrigens in derselben Verbindung mit dem Luftbehälter wie früher. Als solcher diente auch hier eine grössere oder kleinere Flasche, welche vor dem Versuche mit Sauerstoff gefüllt und senkrecht mit dem Halse in Quecksilber gestellt wurde, um das Luftvolum zu Anfang und Ende des Versuches ablesen zu können. Natürlich muss hier das die Exspirationsluft zurückleitende Rohr bedeutend kürzer gemacht werden als bei den früheren Versuchen, oder bei kleinen Gefässen ganz nahe dem Boden in gleicher Höhe mit dem Inspirationsrohr ausmünden, da die Verminderung des Luftvolums eine sehr bedeutende ist. In die unter Quecksilber befindliche Öffnung des Halses der Flasche tauchte ein Zuleitungsrohr, welches mit seiner Öffnung über den Quecksilberspiegel des Gefässes hervorragte. Dieses Zuleitungsrohr stand mit einem Döbereiner'schen Gasometer in Verbindung, welcher vor dem Versuche mit Sauerstoff (aus chlorsaurem Kali bereitet) gefüllt wurde. Durch eine passende Schraubenvorrichtung gelang es, dem Druck des Gases im Gasometer nach Belieben zu reguliren und constant zu halten. Letzteres war natürlich mit Quecksilber abgeschlossen.

Wenn das Thier an den Apparat gebracht wurde, war das Kautschukrohr, welches das Exspirationsventil mit dem Sauerstoffbehälter in Verbindung setzte, durch eine Klemme abgeschlossen, so dass die Luft nur aus dem Gasometer in den Sauerstoffbehälter, von da in die Lunge des Thieres gelangen konnte, während sie aus dem Exspirationsventil vermittelst des oben erwähnten Ableitungsrohres ins Freie geleitet wurde. Nachdem das Thier eine beträchtliche Menge von Sauerstoff auf diese Weise geathmet hatte, wurde das Kautschukrohr, welches mit der Ableitungsröhre des Exspirationsventils in Verbindung stand, rasch durch eine Klemme geschlossen und gleichzeitig dasjenige, welches den sauerstoffhaltigen Athmungsraum mit diesem Ventil in Verbindung setzte, geöffnet. Das einfache Untertauchen der Spitze des aus dem Gasometer kommenden Rohres unter den Quecksilberspiegel genügte nun, um das Thier in einem abgeschlossenen Raume mit Sauerstoff von bekanntem Volum athmen zu lassen. Die Athembewegungen gehen auch hier ganz ruhig von Statten; die Verringerung des Luftvolums muss natürlich durch das Nachgiessen einer entsprechenden Quecksilbermenge in das umgebende Gefäss compensirt werden; es tritt bald ein Zeitpunkt ein, wo das Gefäss auf dem Quecksilber gleichsam schwimmt und durch Hebungen und Senkungen den Raumveränderungen des Inhaltes folgt, ohne dass das Thier irgend welche Anstrengung beim Athmen zu machen nöthig hat. Nach Beendigung des Versuches wird auch hier der Luftbehälter wieder senkrecht gestellt, so dass das Quecksilber innen und aussen in gleichem Niveau steht, natürlich nachdem vorher die Verbindungen zwischen ihm und den Ventilen geschlossen sind, und dann das enthaltene Gas unter Beobachtung der bereits erörterten Cautelen weiter behandelt.

Die Erscheinungen, welche diese Versuchsweise zur Beobachtung bringt, sind verschieden mit der Grösse des angewandten Athmungsraumes.

Wählt man als Sauerstoffbehälter ein Glas oder eine Flasche, welche nicht mehr als 300 CC., am besten zwischen 150 und 250 CC. fasst, so treten am Thiere selbst keine besonders auffallenden Erscheinungen ein. Höchstens erscheinen im Beginne der Sauerstoffathmung die sichtbaren Schleimhäute etwas lebhafter geröthet und der Respirationsact selbst als ein etwas lebhafterer. Doch dauert dies nur kurze Zeit; alsdann lässt sich kein wesentlicher Unterschied

zwischen einem solchen Thiere und einem in gewöhnlicher Luft athmenden mehr beobachten, die Respiration geht ihren ruhigen Gang fort. Dagegen werden, sobald man das Thier im abgeschlossenen Sauerstoffraume athmen lässt, die oben gemachten Voraussetzungen über das Verhalten von Sauerstoff und Kohlensäure bei mässigem Luftvolum vollkommen bestätigt. Das Volum der Athmungsluft vermindert sich Anfangs kaum merklich; es kommt jedoch bald ein Zeitpunkt, wo die Verminderung sich deutlich bemerkbar macht und von da an stetig fortschreitet, bis endlich das ganze ursprünglich angewandte Luftvolum von dem Thiere verzehrt ist.

Dieses überraschende Resultat wurde in vielfach wiederholten Versuchen stets in gleicher Weise gewonnen; es gibt keinen Versuch, welcher die Hauptmomente des Gaswechsels bei der Respiration so augenscheinlich an den Tag legte wie dieser.

Es erklärt sich am einfachsten und natürlichsten durch die Annahme, dass, „während der Sauerstoff trotz seines stetig abnehmenden Partiardruckes bis zum letzten Rest durch chemische Affinität von dem Blute angezogen wird, die Kohlensäure in Folge ihres durch die fortlaufende Neubildung stetig gesteigerten Partiardruckes im Athmungsraume den im Blute vorhandenen übertrifft und auf dem Wege der einfachen Absorption in das letztere übertritt.

Wesentlich anders gestalten sich die Erscheinungen am Thiere, wenn das als Sauerstoffbehälter dienende Gefäss einen Raum fasst, welcher gross genug ist, um die volle Wirkung der Kohlensäure auf den thierischen Organismus zur Wahrnehmung zu bringen. Schon bei einem Volum der angewandten Luft von etwa 500 CC. scheint das Thier in einen leicht narkotischen Zustand zu gerathen. Wendet man hingegen einen Behälter an, der gegen 1500 CC. fasst, wie er zum vollen Sichtbarwerden der Wirkungen der Kohlensäure auf ein erwachsenes Kaninchen nothwendig ist, so beginnt das Thier, nachdem es einige Zeit im abgeschlossenen Raume geathmet hat, unruhig zu werden, und schon ziemlich leichte Reize rufen lebhafte Reflexbewegungen hervor. Dies ist jedoch nur vorübergehend; nach und nach wird das Thier ruhiger, die Respirationsbewegungen gehen ruhig und ungehindert wie beim gewöhnlichen Athmen von Statten, die Reflexbewegungen werden immer spärlicher

und weniger intensiv, bis sie endlich ausser an den Augen an keinem Theile des Körpers selbst durch starke Einwirkungen mehr hervorgebracht werden können. Bis dieser Zeitpunkt eintritt, scheint das Thier etwa den dritten Theil seines Volums an gasförmiger Kohlensäure aufgenommen haben.

Setzt man die Athmung in dem Raume noch ferner fort, so beginnt die Kohlensäure geradezu giftige Eigenschaften zu entfalten. Die Extremitäten werden dann allmählich kühl, die Abkühlung schreitet langsam über den Körper weiter; die Respiration wird nach und nach langsamer, während der Herzschlag sich mehr und mehr beschleunigt und die einzelnen Schläge weniger fühlbar werden; endlich bietet das Thier das vollendete Bild einer ruhigen Agonie dar, wie man sie an Menschen, die „eines ruhigen Todes" sterben, so vielfach zu beobachten Gelegenheit hat. Der Tod findet hier statt bei einem Procentgehalt der Athmungsluft an Sauerstoff, welcher dem der atmospärischen Luft gleichkommt oder ihn noch beträchtlich übertrifft. Es ist mithin nicht der Mangel an Sauerstoff; es ist der directe Einfluss der Kohlensäure, welcher diese Erscheinungen hervorbringt. Sie lassen sich mit nichts besser vergleichen als mit den ganz analogen der Chloroformnarkose. Wie dort, so findet sich hier ein Stadium der Aufregung, welches von einem Stadium tiefer Depression gefolgt wird; in beiden Fällen erfolgt der Tod, wenn er durch ein Übermass der Narkose herbeigeführt wird, vollkommen ruhig und ohne auffallende Erscheinungen. Es genüge hier auf diese Analogie hingewiesen zu haben.

Da die Versuche mit kleineren Gefässen immer dasselbe Resultat ergaben, so ist es unnöthig, sie einzeln aufzuzählen; die mit einem grösseren Luftraume angestellten, waren folgende:

Versuch 1. 25. Februar 1858.

Das Kaninchen vom Versuche 1 der vorigen Reihe wurde, nachdem es in atmosphärischer Luft nahezu erstickt war, rasch an einen Sauerstoffbehälter von etwa 300 CC. gebracht, wo es sich schnell erholte. Es brachte etwa $^2/_5$ des enthaltenen Gases zum Verschwinden, worauf der Versuch abgebrochen werden musste, weil das Exspirationsrohr in Quecksilber tauchte. Die Analyse der Endluft gab folgende Zahlen:

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum	81·4	670·19	11·6	52·33
Mit ClCa getrocknet . . .	81·9	680·70	14·5	52·94
Nach Absorption der CO_2 .	66·9	652·80	8·4	42·37
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum	143·41	642·14	11·6	88·33
Mit ClCa getrocknet . . .	143·8	651·03	15·6	88·56
Nach Absorption der CO_2 .	118·41	615·05	8·4	70·64
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	117·42	386·41	9·9	43·78
Mit Wasserstoff	304·33	563·29	8·6	166·20
Nach der Explosion	210·36	472·76	10·9	95·638

Die Luft enthält:

	I	II	Mittel
CO_2	19·96	20·23	20·09%
O	—	42·85	42·85 „
N	—	36·92	37·06 „

Versuch 2. — 4. Juni 1858.

Erwachsenes Kaninchen in Verbindung mit einem Sauerstoffraume von 520 CC. Die Lunge wird 15 Minuten lang mit Sauerstoff durchgewaschen, hierauf abgeschlossen 10^h 45.′ Um 11^h zeigen sich 150 CC. verschwunden. Die Analyse ergibt für die Zusammensetzung des Rückstandes folgende Zahlen.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	166·91	689·53	21·8	106·59
Mit ClCa getrocknet . . .	163·23	705·83	20·3	106·88
Nach Absorption der CO_2 .	95·506	638·74	22·9	56·294
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	131·85	497·34	22·9	60·503
Mit Wasserstoff	278·75	641·67	22·9	165·033
Nach der Explosion	77·73	445·68	23·0	31·954
Mit Luft	187·22	552·17	23·2	95·24
Nach der Explosion	151·47	516·62	24·3	72·10

Die Endluft enthält:

CO_2	47·33%
O	38·61 „
N	14·06 „

und in absoluter Menge:

CO_2	37·86 CC.
O	30·89 „
N	11·25 „

Eine Analyse der Anfangsluft verunglückte; sie war genau wie in den folgenden Versuchen dargestellt, daher wir die Zusammensetzung von diesen ohne Gefahr übertragen können, nämlich mit 98·5 % O und 1·5 % N; dies gibt für 520 CC.

O	512·2 CC.
N	7·8 „
	620·0 CC.

Das Thier verzehrte in 48 Minuten 481·31 CC. Sauerstoff, was für eine Minute 10·00 CC. ergibt. In der Endluft waren blos enthalten 37·86 CC. Kohlensäure; mithin blieben in dem Thiere 443·45 CC. von verzehrten Sauerstoff. Zugleich findet sich in der Endluft ein Plus von 3·45 CC. Stickstoff.

Versuch 8. 20. Juli 1858.

Das schwächliche Thier vom Versuche 17 der vorigen Reihe wurde an einen Sauerstoffraum von 1460 CC. gebracht. Es athmete im geschlossenen Raume von 3^h 17′ — 3^h 46′ 30″, wo es starb. Das Luftvolum hatte während dieser Zeit um etwa 500 CC. abgenommen. Die Analyse der Endluft gab folgendes Resultat:

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	193·25	712·90	24·5	126·43
Mit ClCa getrocknet . . .	189·3	732·07	24·15	127·32
Nach Absorption der CO_2 .	150·80	695·24	24·0	92·261
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	185·69	581·56	23·95	99·279
Mit Wasserstoff	336·91	723·56	24·0	224·09
Nach der Explosion	75·52	480·13	24·0	33·33
Mit Wasserstoff	231·84	622·74	24·2	132·63
Nach der Explosion	165·35	558·86	24·8	84·72

Die Luft enthält[1]):

CO_2	27·53 %
O	58·538
N	13·902

[1]) Die Analyse ist nur annähernd richtig; aus Versehen wurde dem Gas zu wenig Wasserstoff im Eudiometer zugesetzt, so dass reichliche Salpetersäure-Bildung eintrat; die O-Bestimmung ist mithin wahrscheinlich zu niedrig. Es wurden desshalb hier keine Berechnungen der absoluten Mengen angestellt.

Versuch 4. 30. Juli 1858.

Kräftiges, männliches Kaninchen im Sauerstoffraum von 1500 CC. Beginn 10^h 15′. Die Lunge wird mit 5000 CC. Sauerstoff durchgewaschen. 10^h 30′ wird abgeschlossen. Um 11^h 15′ ist die Narkose bereits ausgebildet; das Thier reagirt auf Reflexe nicht. Um 12^h 10′ deutliche Agonie. Der Tod erfolgt um 12^h 33′. Das Volum der Endluft beträgt 570 CC. Das Gewicht des Kaninchens ohne Haare = 1676 Grm., sein specifisches Gewicht = 102·7; mithin das Volum 1631 CC. (natürlich nicht absolut genau).

Anfangsluft.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	116·65	476·02	19·5	51·833
Mit Wasserstoff	380·54	733·52	19·7	260·363
Nach der Explosion	204·48	562·27	20·1	107·095

Dies ergibt:

O 98·565%
N 1·435 „

und in absoluter Menge:

O 1478·48 CC.
N 21·52 „
1500·00 CC.

Endluft.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum getrocknet .	194·85	765·22	18·2	136·944
Nach Absorption der CO_2 .	92·338	666·99	20·2	57·347
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	102·78	482·71	19·3	46·339
Mit Wasserstoff	259·62	636·77	19·3	154·414
Nach der Explosion	78·77	460·18	19·3	33·857
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	195·78	685·15	18·2	132·63
Mit ClCa getrocknet . . .	193·9	737·34	20·2	133·12
Nach Absorption der CO_2 .	92·364	641·05	18·8	55·39
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	110·06	487·29	18·55	50·231
Mit Wasserstoff	297·54	669·15	18·5	186·47
Nach der Explosion	119·12	495·72	18·5	55·305

Die Endluft enthält:

	I	II	Mittel
CO_2	58·12	58·39	58·255%
O	36·31	36·21	36·26 „
N	5·57	5·40	5·485 „

und in absoluter Menge:

CO_2	332·05 CC.
O	206·68 „
N	31·26 „

Der Versuch dauerte 123 Minuten. Während dieser Zeit verzehrte das Thier 1271·8 CC. Sauerstoff, was für die Minute 10·3 CC. ergibt. Dafür erschienen in der Endluft blos 332·05 CC. Kohlensäure, während im Thier 939·75 CC. blieben = 0·567 vom Volum des Thieres. Zugleich findet sich in der Endluft ein Plus von 9·74 CC. Stickstoff.

Versuch 5. 3. August 1858.

Erwachsenes, kräftiges Kaninchen am Sauerstoffraume von 1500 CC. Beginn des Versuches 2^h 11′.

Die Lunge wird mit 9000 CC. Sauerstoff durchgewaschen. Der Raum wird abgeschlossen 2^h 21′. Das Studium der Unruhe ist 2^h 50′ ausgebildet. 3^h 12′ sind bereits 500 CC. der Luft verschwunden. 3^h 21′ 550 CC. absorbirt. Die Narkose beginnt sich einzustellen. Reflexe finden noch an Pfoten und Augen Statt. 3^h 36′ 600 CC. absorbirt. Reflexe sind nur noch an den Augen vorhanden. Extremitäten werden kühl und desshalb mit Wolle bedeckt. 3^h 59′ die Respiration wird langsam; es erfolgen in 1 Minute 9 Athemzüge und 100 Herzschläge. Der Tod erfolgt 4^h 12′. Volum der Endluft 550 CC.

Anfangsluft vor und nach dem Versuch.

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	123·48	395·75	19·6	45·599
Mit Wasserstoff	341·85	607·06	19·6	193·63
Nach der Explosion	150·24	421·42	19·7	59·048
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	139·08	411·45	19·9	53·328
Mit Wasserstoff	364·55	633·77	19·7	215·498
Nach der Explosion	148·17	419·92	21·3	57·735

Die Luft enthält:

	I	II	Mittel
O	98·38	98·613	98·495
N	1·62	1·39	1·505

und in absoluter Menge:

O	1477·4 CC
N	22·6 „
	1500·0 CC.

Die Analyse der Endluft ergab folgende Zahlen:

	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Absorptionsrohr II.				
Anfangsvolum	218·4	740·86	19·6	150·97
Mit ClCa getrocknet . . .	214·9	757·97	19·9	151·834
Nach Absorption der CO_2 .	82·124	620·36	21·7	47·197
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	90·275	530·59	21·1	44·449
Mit Wasserstoff	200·02	641·26	21·0	119·113
Nach der Explosion	64·35	507·11	20·5	30·357
Absorptionsrohr VII.				
Anfangsvolum	181·83	736·92	19·6	125·02
Mit ClCa getrocknet . . .	178·92	751·50	19·9	124·568
Nach Absorption der CO_2 .	66·3	636·21	21·7	39·076
Eudiometer II.				
Anfangsvolum	83·131	450·18	21·5	34·729
Mit Wasserstoff	231·65	196·13	21·0	128·322
Nach der Explosion	128·019	494·57	21·0	39·076
Absorptionsrohr III.				
Anfangsvolum	170·4	728·44	19·6	115·81
Mit ClCa getrocknet . . .	168·4	742·74	19·9	115·874
Nach Absorption der CO_2 .	62·958	631·02	21·7	36·804
Eudiometer III.				
Anfangsvolum	55·425	498·64	20·3	25·725
Mit Wasserstoff	164·185	604·49	20·2	92·566
Nach der Explosion	78·700	521·29	20·1	41·637

Dies gibt die Zusammensetzung:

	I	II	III	Mittel
CO_2	68·91	68·63	68·23	68·59%
O	20·69	20·96	20·96	20·87 „
N	10·50	10·41	10·81	10·54 „

und in absoluter Menge:

CO_2	397·82 CC.
O	121·05 „
N	61·13 „
	580·00 CC.

Der Versuch dauerte 111 Minuten; während dieser Zeit verzehrte das Thier 1356·35 CC. Sauerstoff, was für 1 Minute 12·3 CC. ergibt. Dafür erschienen in der Endluft blos 397·82 CC. Kohlensäure; von dem verzehrten Sauerstoff blieben mithin im Thier 958·53 CC.; das Volum dieses Thieres gleich dem vorigen angenommen, was bei der anscheinend gleichen Grösse beider ohne sehr beträchtlichen Fehler geschehen kann, ergibt dies 0·584 vom Volum des Thieres. Die Endluft zeigt ferner ein Plus von 38·53 CC. Stickstoff.

Zur leichteren Übersicht stelle ich auch die Zusammensetzung der Endluft in dieser Versuchsreihe in folgender Tabelle zusammen.

Nummer des Versuches	O-Raum CC.	CO_2 %	O %	N %
1	300	20·09	42·85	37·06
2	520	47·33	38·61	14·06
3	1460	27·53	58·53 (annähernd)	13·90
4	1500	58·255	36·26	5·485
5	1500	68·59	20·8	10·54

Die nähere Betrachtung zeigt auch für diese Versuchsreihe die Unabhängigkeit der aufgenommenen Sauerstoffmenge vom Partiardruck dieses Gases in der Luft. Die Berechnung der in 1 Minute in der ersten Versuchsreihe aufgenommenen Sauerstoffmenge ergab 11·8, 12·7, 13·03, 13·27 CC., mithin Grössen, welche höchstens innerhalb der gewöhnlichen individuellen Grenzen schwanken. Dabei athmeten die Thiere sehr bald in einer sauerstoffarmen Luft. Merkwürdiger Weise ergaben die Thiere bei der zweiten Versuchsreihe fast genau dieselben Zahlen, nämlich 10·0, 10·3, 12·3 CC. für 1 Minute, Zahlen, welche mit den obigen so gut als nur immer möglich übereinstimmen, während die Thiere bis zum letzten Augenblicke in einer die atmosphärische an Sauerstoffreichthum übertreffende Luft athmeten. Es stimmt dies vollkommen mit den analogen Beobachtungen von Regnault und Reiset, welche sie an Thieren machten, die in einer sauerstoffreichen Luft athmeten. Die abweichenden Resultate, welche Allen und Pepys erhielten, rühren also wohl von analytischen Fehlern her, was um so wahrscheinlicher wird, wenn man die enorm hohen Kohlensäurezahlen sieht, welche diese Beobachter erhielten, Zahlen, wie sie von keinem andern Beobachter

auch nur annähernd erreicht wurden. Überdies erstrecken sich die Versuche von Allen und Pepys nur auf die kurze Zeit von 8 bis 10 Minuten, und sie geben selbst an, dass der Athmende im zweiten Versuche vorher 5 Stunden lang starke Anstrengung gehabt hatte, was an sich schon nach Vierordt's und Scharling's Beobachtungen die Menge der gebildeten Kohlensäure steigert.

Für die Kohlensäure andererseits lässt sich aus den Versuchen der letzten Reihe ihre Abhängigkeit vom Absorptionsgesetz in Beziehung auf das Blut direct ableiten; das Verschwinden einer steigenden Menge derselben mit ihrem steigenden Partiardruck im Athmungsraume lässt sich auf eine andere Weise nicht wohl erklären.

Ausser dieser Thatsache erlaubten die Versuche noch einige andere nicht uninteressante Beobachtungen zu machen. Sie zeigen zunächst, dass selbst bei eingetretener Narkose durch Kohlensäure die Sauerstoffaufnahme im Körper fortwährend vor sich geht, so dass eine Widerlegung des gegentheiligen prophetischen Ausspruches von Bernard [1]) überflüssig erscheint.

Sie zeigen aber ferner, dass die Kohlensäure im Thierkörper in gehöriger Dosis die Wirkungen eines narkotischen Giftes entfaltet, welches bei einer Sättigung des Thieres acuten Tod zu erzeugen im Stande ist. Damit erstere Wirkungen deutlich zum Vorschein kommen, scheint es nöthig, dass ein Thier etwa den dritten Theil seines Volums an gasförmiger Kohlensäure aufnimmt, während die absolute Menge, welche es aufnehmen kann, bis es zu Grunde geht, in zwei Fällen etwas über die Hälfte von seinem Volum, 0·567 und 0·584 beträgt.

Die Beobachtungen gestatten endlich den Schluss, dass nicht die Anhäufung der Kohlensäure in den Geweben und dem Blut es ist, was die Verlangsamung der Athembewegungen nach Durchschneidung des Vagus und die krampfhaften Zufälle beim Erstickungstod hervorruft; denn auch ein sehr beträchtlicher Kohlensäuregehalt des Blutes erzeugt keine Reizung des verlängerten Markes und der Kohlensäuregehalt der Lungenluft keine Reflexe. Vielmehr ist es bei den letzteren Zufällen geradezu der Mangel am nothwendigen Sauerstoff, welchem sie ihre Entstehung verdanken, und eben diesem Mangel müssen wir die ersten und alle folgenden Athemzüge zuschreiben, welche der

[1]) A. a. O. 8. lecon. pag. 133 ff.

thierische Organismus vollführt. Dasselbe Gefühl, welches uns als Hunger und Durst nöthigt, die verloren gegangenen Atome des Organismus durch neue zu ersetzen, dasselbe Gefühl veranlasst uns zur fortlaufenden Zufuhr des für den Lebensprocess unentbehrlichen Sauerstoffes, welches allenthalben als wichtigster Factor in den Vorgängen des Stoffwechsels und der Organfunction auftritt.

Die Versuche der ersten Reihe zeigten, dass es gelingt, durch das Athmen einem gegebenen Luftvolum seinen Sauerstoff bis auf sehr geringe Quantitäten zu entziehen, ehe der Tod eintritt. Sie liessen aber die Frage eigentlich unbeantwortet, bei welchem Procentgehalt an Sauerstoff die Luft untauglich wird, das Leben zu erhalten. Ich versuchte, auch diese Frage noch durch eine Reihe von Versuchen zu erledigen. Leider gestatteten es mir Zeit und Umstände nicht, auch diese Versuchsreihe in ihrem vollen Umfange durchzuführen, so dass die gewonnenen Resultate mehr als Anhaltspunkte für zukünftige Untersuchungen gelten müssen.

Die zu diesen Versuchen nöthige Luft wurde in einem grossen Ballon nach der bekannten Methode mit Phosphor ihres Sauerstoffes beraubt, und dann durch eine Waschflasche mit concentrirter Kalilösung und mehrere U-förmige Röhren mit feuchtem Kalihydrat in einen Dobereiner'schen Quecksilbergasometer geleitet, dessen Glocke graduirt war.

Das zugeleitete Gas konnte als reiner Stickstoff höchstens mit sehr geringen Mengen von Sauerstoff betrachtet werden. Im Gasometer konnte es nun mit einer beliebigen Menge atmosphärischer Luft gemischt werden. Nach der Zuleitung der letzteren wurde der Gasometer geschüttelt, um die Mengung der Gase zu befördern und jedesmal mindestens zwei Stunden gewartet, um der vollkommenen Mischung sicher zu sein. Unmittelbar vor dem Versuche wurde eine Probe des Gases zur Analyse in den Eudiometer gefüllt.

Der Gasometer wurde durch einen Kautschukschlauch mit einem der früher beschriebenen Ventile in Verbindung gesetzt, durch welches das Thier einathmete, während durch ein zweites Ventil die Exspirationsluft ungehindert in das Freie entweichen konnte. Die Ventile standen auch hier mit der Trachea in unmittelbarer Verbin-

dung; ebenso wurde die Dichtigkeit der Luft auch hier durch eine entsprechende Schraubenvorrichtung am Gasometer constant erhalten. Der Inhalt des letzteren erlaubte es nicht, die einzelnen Versuche über eine Viertelstunde auszudehnen.

Die Analysen der Luft wurden ohne Benützung des Wasserbehälters für constante Temperatur ausgeführt. Das benützte Zimmer war zu dieser Zeit fortwährend leer und die Schwankungen in der Temperatur desselben nur unbedeutend; vor jeder Ablesung wurde etwa 1 Stunde gewartet, um die Temperaturdifferenzen ausgleichen zu lassen. Die analytischen Fehler können daher in den folgenden Fällen nicht über ein bis höchstens zwei Zehntel eines Procents betragen, wenn solche überhaupt bedingt waren; diese Grössen kommen bei der vorliegenden Untersuchung aber nicht in Betracht, da die Individualität der Thiere viel grössere Differenzen in den Beobachtungen mit sich bringt.

Die nur in beschränkter Zahl angestellten Versuche waren folgende:

Versuch 1. 7. September 1858.

Das Thier athmet 13 Minuten lang aus dem Gasometer ein. Die Athemzüge erscheinen nach einiger Zeit etwas tiefer und ausgiebiger als gewöhnlich, ohne dass sich sonst irgend bemerkenswerthe Zufälle einstellen. Die Analyse der Luft ergibt folgende Zahlen:

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	212·029	492·317	20·5	97·09
Mit Wasserstoff	278·75	556·60	20·7	144·22
Mit Knallgas	310·00	572·42	20·7	164·95
Nach der Explosion	215·76	495·39	20·7	99·35

Die Zusammensetzung der Luft ist somit:

O 15·40 %
N 84·60 „

Versuch 2. 9. September 1858.

Das Thier wird an den Gasometer gebracht 11^h 1′. Nach 30 Secunden stellt sich bereits starke Unruhe ein, die in weiteren 30 Secunden bis zu heftigen Suffocationserscheinungen sich steigert. Dasselbe Resultat wird erhalten bei einer Wiederholung des Versuches nach einer halben Stunde.

Die Analyse der Luft ergibt:

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	182·69	468·208	19·4	79·86
Mit Wasserstoff	250·73	533·59	20·0	124·66
Mit Knallgas	320·4	562·40	20·0	167·90
Nach der Explosion	240·74	524·12	19·9	117·61

Die Zusammensetzung ist mithin:

O 2·94 %
N 97·06 „

Versuch 3.

Zu der im Gasometer enthaltenen Luft wird eine weitere Portion atmosphärischer Luft zugelassen. Nach erfolgter Mischung wird das Thier mit dem Gasometer in Verbindung gesetzt. Dasselbe athmet ununterbrochen 15 Minuten. Die Athemzüge erscheinen ausserordentlich tief und ausgiebig, wie bei einem in mässiger Athemnoth befindlichen Menschen, nach der Beendigung des Versuches athmet das Thier sehr rasch und energisch.

Weitere Erscheinungen traten nicht ein.

Die Analyse ergibt folgende Zahlen:

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	164·9	449·29	19·9	69·02
Mit Wasserstoff	255·25	508·17	20·1	106·62
Mit Knallgas	270·04	524·32	20·0	131·93
Nach der Explosion	201·28	485·35	20·0	91·02

Dies gibt die Zusammensetzung:

O 7·53 %
N 92·47 „

Versuch 4. 10. September 1858.

Ein erwachsenes Kaninchen wird mit dem Gasometer in Verbindung gesetzt und athmet 12 Minuten lang ohne bemerkliche Beschwerden.

Die Analyse gibt folgende Zahlen:

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	249·83	521·25	21·9	120·56
Mit Wasserstoff	406·33	673·07	22·0	253·11
Mit Knallgas	435·92	682·12	22·0	275·19
Nach der Explosion	349·06	617·17	22·0	199·37

Dies ergibt die Zusammensetzung:

O 14·85 %
N 85·15 „

Versuch 5. 11. September 1858.

Der Versuch beginnt 11^h 15′. Nach Verlauf einer Minute ist die heftigste Suffocation ausgebildet. Eine Wiederholung des Versuchs nach einer halben Stunde gibt das gleiche Resultat.

Die Analyse ergibt folgendes:

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1 M.
Anfangsvolum	202·81	488·43	19·6	92·42
Mit Wasserstoff	264·29	547·71	19·8	134·97
Mit Knallgas	330·34	566·00	20·0	174·22
Nach der Explosion	258·19	541·30	20·2	130·14

Die Zusammensetzung ist:

O 1·74 %
N 68·26 „

Versuch 6.

Zu der Luft des vorigen Versuches wird atmosphärische Luft zugefügt. Nach erfolgter Mischung wird das Thier mit dem Gasometer in Verbindung gesetzt. Es athmet 15 Minuten lang sehr heftig und ausgiebig, mit Anstrengung aller Muskeln; die geringste Verminderung in der Dichtigkeit der Athmungsluft reicht hin, ausgesprochene Suffocationszufälle zu erregen.

Die Analyse gibt folgende Zahlen:

Eudiometer II.	Volum	Druck	°C.	Vol. b. 0°C. u. 1M.
Anfangsvolum	216·99	499·51	20·6	100·79
Mit Wasserstoff	288·94	569·81	20·6	153·10
Mit Knallgas	340·82	582·31	20·6	184·65
Nach der Explosion	271·72	552·53	20·5	139·65

Dies gibt die Zusammensetzung:

O 4·48 %
N 95·52 „

Ich stelle auch diese Versuchsreihe in eine Tabelle zusammen.

Dauer des Versuches	Nummer	O %	N %	Erscheinungen
1′	5	1·74	98·26	Rasche Suffocation
1′	2	2·94	97·06	„ „
15′	6	4·48	95·52	Beschwerl. Respiration
15′	3	7·53	92·47	Tiefe Athemzüge
15′	4	14·85	85·15	Keine besonderen Erscheinungen.
15′	1	15·40	84·60	

Diese Versuche zeigen, so weit die kurze Beobachtungsdauer uns Schlüsse gestattet, dass eine Minderung des Sauerstoffgehaltes der Luft, um $^1/_3$ von dem normalen Gehalt, ohne wesentlichen Einfluss auf die Vorgänge der Respiration ist. Sie zeigen ferner dass der Sauerstoffgehalt der Athmungsluft bis zum dritten Theil von dem der atmosphärischen Luft herabgedrückt werden kann, bis überhaupt ein merklicher Einfluss dieser Verminderung auf die Ausgiebigkeit des Luftwechsels in den Lungen zur Beobachtung kommt. Hier scheint jedoch auch die Grenze zu liegen, bei welcher das Leben noch durch längere Zeit erhalten bleiben kann. Ein weiteres Herabsinken des Sauerstoffgehaltes bis zu 4 oder 5% hat bereits Erscheinungen zu Folge, wie sie nur bei beträchtlichen Störungen der Sauerstoffaufnahme in das Blut zur Beobachtung kommen, während ein Herabsinken unter 3% die zur Erhaltung des Lebens nöthige Sauerstoffmenge dem Blute nicht mehr aufzunehmen gestattet und raschen Tod unter den ausgesprochenen Erscheinungen der Suffocation herbeiführt. Die Beobachtungen stehen mit den Erfahrungen über das Athmen auf hohen Bergen vollkommen in Einklang. Überall so weit der Mensch bis jetzt vorzudringen vermochte, befindet er sich in einer Atmosphäre, welche ihm den nöthigen Sauerstoff in hinreichender Menge liefert, und der Organismus selbst besitzt durch die Möglichkeit einer Vergrösserung der Berührungsfläche zwischen Gas und Blut und der rascheren Lüftung bis zu einem gewissen Grade noch die Fähigkeit, den Mangel an der zum Leben nothwendigen Sauerstoffmenge in der äusseren Luft zu ersetzen.

Die beschriebene Versuchsmethode würde noch zur Erörterung mancher interessanten Fragen sich anwenden lassen. So viel sich bis jetzt absehen lässt, sind erhebliche Fehler in derselben nicht begründet; bei den vielfachen Modificationen, deren sie fähig ist, und bei der leichten Handhabung, welche sie gestattet, dürfte ihre ausgedehntere Anwendung zu manchen sowohl für die Physiologie als namentlich auch für die experimentale Pathologie wichtigen Thatsachen führen.

Die verschiedenen Formen der quergestreiften Muskelfasern.

Von **Alfred v. Biesiadecki** und **Aug. Herzig.**

(Mit 3 Tafeln.)

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

(Vorgelegt durch das w. M. Herrn Prof. Brücke in der Sitzung vom 22. Juli 1858.)

Natürliche Enden quergestreifter Muskelfasern suchte man lange Zeit nur dort, wo ein Muskel an eine Sehne grenzt und sah daselbst die Muskelfaser stumpf abgerundet aufhören.

Später wurden spitz zulaufende freie Enden quergestreifter Muskelfäden im Innern der Muskel durch Rollett bekannt[1]).

Funke[2]) gab darnach Nachricht, dass Ernst Heinrich Weber ein solches Verhalten der Muskelfasern gleichfalls beobachtet habe und die spindelförmige Gestalt derselben als normal betrachtet.

Da ausser dieser Angabe nichts über derlei Elemente bekannt wurde, so veröffentlichte der eine von uns, als es ihm gelang 3 bis 4 Centimeter lange spindelförmige quergestreifte Muskelfasern zu isoliren, eine kurze Notiz darüber[3]).

Mit zu Grundelegung dieser Thatsachen konnte man sich die Frage stellen, in welchen verschiedenen Formen allseitig von natürlichen Grenzen eingefasste Elemente des quergestreiften Muskelgewebes erscheinen.

Eine gemeinschaftlich von uns ausgeführte Untersuchung erlaubt uns auf diese Frage Antwort zu geben, indem es uns gelungen ist aus den verschiedensten Muskeln einer Anzahl von Wirbelthieren quergestreifte Muskelfasern in ihrer Totalität zu isoliren.

Die Methode, deren wir uns dazu bedienten, war wieder die des Einlegens gekochter Fleischstücke in Glycerin.

---

[1]) Über freie Enden quergestreifter Muskelfäden im Innern der Muskel. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien. Juniheft 1856.

[2]) Lehrbuch der Physiologie. Leipzig 1858, Pag 649.

[3]) Aug. Herzig, Über spindelförmige Elemente quergestreifter Muskelfasern. — Sitzungsbericht der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. XXX, Nr. 13.

Wir werden nun die beobachteten Faserformen beschreiben, indem wir gleichzeitig auf die beigegebenen Zeichnungen verweisen.

Muskelfasern, die beiderseits stumpf abgerundet endigten, haben wir aus dem *extensor digit. com. longus*, aus dem *tibialis anticus* und dem *extensor hallucis* vom Menschen, ferner aus dem *extensor digit. com.*, dem *biceps* und *triceps brachii*, dem *gastrocnemius* und *soleus* des Kaninchens, dann aus dem *gastrocnemius*, *Bi-femoro-plantaire* (Dugès), aus dem *intra-ilio-femoral*, *ex-ilio-trochanterien* und *adscapulo-humeral* (Dugès) des Frosches isolirt (Fig. 1).

An diese Form schliesst sich eine zweite, wo die Enden unter dem Mikroskope durch seichte Einschnitte gekerbt erscheinen, so dass sie nicht einfach stumpf abgerundet, sondern mit mehreren kegelförmigen Spitzen endigen.

Diese Form isolirten wir aus dem *extensor digit. com.*, dem *tibialis anticus* vom Menschen, aus dem *gastrocnemius* des Frosches und aus vielen Muskeln des Kaninchens (Fig 2.).

Solche in Zacken getheilte Faserenden werden auch von Kölliker für den Schwanz der Froschlarven angegeben [1]).

Die beschriebenen Endigungsweisen trifft man auch an ein und derselben Faser.

Solche Fasern enden dann auf der einen Seite stumpf abgerundet, auf der anderen Seite mit kegelförmigen Zacken, und sind in den angeführten Muskeln mit den zwei zuerst beschriebenen Formen gemengt.

Ganz verschieden von den aufgezählten Formen sind die von einem von uns schon früher beschriebenen spindelförmigen Muskelfasern, von welchen wir hier eine Abbildung beifügen (Fig. 3).

Muskelfasern die einerseits stumpf abgerundet, andererseits spitz endigten, isolirten wir aus dem *adductor brevis cruris* und dem Beuger des Unterschenkels vom Kaninchen, aus den *musculis vastis* vom Menschen, aus dem Pferdefleisch und endlich aus dem Froschfleische (Fig. 4), wo sie schon von Rollett beobachtet wurden [2]).

Alle bis jetzt beschriebenen Muskelfaserformen fanden wir, wie aus unsern obigen Anführungen hervorgeht, meist in ein und demselben Muskel neben einander. Während aber die spindelförmigen

---

[1]) Mikroskop. Anat. II. Bd. 1. Hälfte, pag. 224, Fig. 65.

[2]) L. c. pag. 180.

Elemente die Mitte des Muskelbauches einnehmen, laufen von den beiderseitigen Sehnen Muskelfasern aus, die an der Sehne entweder ein stumpf abgerundetes oder ein in kegelförmige Spitzen ausgehendes Ende, an der gegenüberliegenden Seite aber ein spitz zulaufendes Ende besitzen, welches sich zwischen die spindelförmigen Fasern einschiebt. Solche Combinationen isolirten wir z. B. aus dem *pubio-thoracique* (Dugès) vom Frosche, in welchem übrigens auch um vieles längere von Sehne zu Sehne laufende beiderseits stumpf abgerundete Muskelfasern vorkommen.

An den spitz zulaufenden und frei im Innern des Muskels endigenden Fasern sahen wir beim Pferde von den Seiten der Faser dünne, kurze, hakenförmig gekrümmte, oder dickere, gerade verlaufende Fortsätze ausgehen, welche zugespitzt endigten.

Die kleineren erscheinen wie Anhängsel des Muskelfadens, während die stärker entwickelten kurze Äste einer dichotomisch verzweigten Muskelfaser darstellen (Fig. 5 und 6).

Die Zeichnung (Fig. 5) wurde uns nebst einigen Präparaten zur Benützung von Dr. Rollett überlassen.

Wir sahen auch, dass zwei aus der dichotomischen Theilung einer Muskelfaser hervorgegangenen Äste durch eine Brücke mit einander in Verbindung traten und so eine wirkliche Anastomose zu Stande kam (Fig. 7).

So wie in der Stamm-Musculatur des Pferdes fanden wir auch in dem *ex-ilio-trochanterien* (Dugès), in dem *gastrocnemius* des Frosches und in dem Muskelfleische der *Lota vulgaris* dichotomisch getheilte Muskelfasern.

In der Musculatur der Zunge, die wir der dort schon längst beobachteten baumförmig verzweigten Muskelfasern halber einer besonderen Untersuchung unterwarfen, stiessen wir auf eine weitere Form der quergestreiften Muskelfasern, nämlich auf Fasern, die beiderseits ein in zahlreiche Verästelungen zerfahrendes Ende darboten, solche beiderseits baumförmig verzweigte Muskelfasern isolirten wir aus der Zunge des Frosches (Fig. 8).

Ausser den baumförmigen Endigungen kommen aber an den Muskelfasern der Zunge, wie wir uns durch die Untersuchung zahlreicher Objecte[1]) überzeugten, auch noch stumpf abgerundete

[1]) Mensch, Kalb, Kaninchen, Meerschweinchen, Hund, Schildkröte, *Lota vulgaris*.

Biesiadecki u. Herzig. Die verschiedenen Formen der quergestreiften Muskelfasern.

Fig. 1.

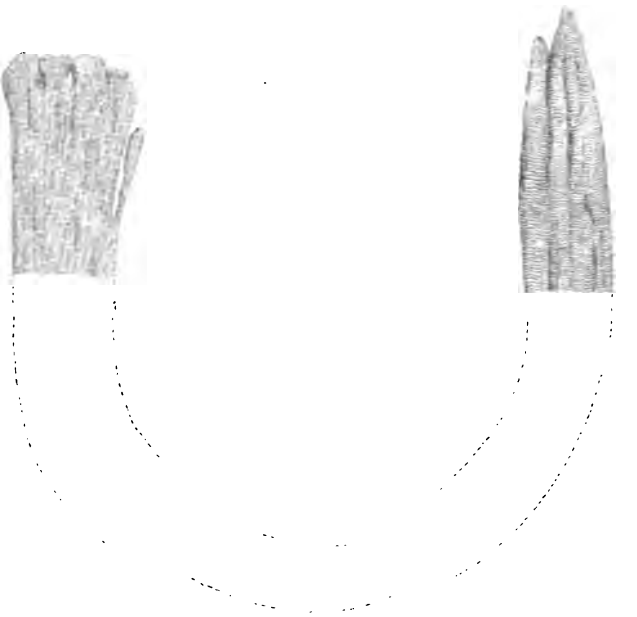


Fig. 2.

Digitized by Google

Biesiadecki u Herzig.

Taf. II.

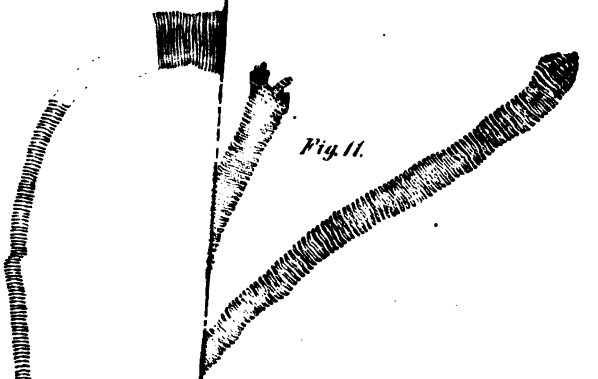


Fig. II.

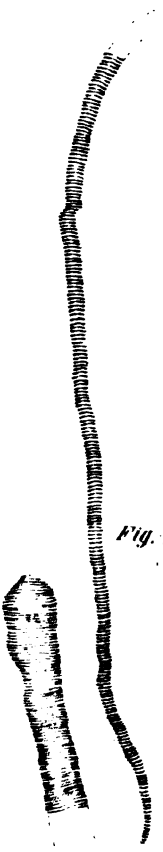


Fig. 3.

wie in der Menschenzunge (Fig. 9), in der Hunds-, Meerschweinchen- und Kaninchenzunge (Fig. 10), oder in mehrere kegelförmige Spitzen getheilte Enden vor (Fig. 11), wie in der Kalbszunge.

Aus der Zunge des Pferdes isolirten wir Fasern mit ähnlichen hakenförmigen Anhängen, wie aus der Stamm-Musculatur dieses Thieres (Fig. 12).

Nachdem wir nun die verschiedenen von uns beobachteten Formen beschrieben haben, ergibt es sich von selbst, dass durch unsere Untersuchung die Analogien zwischen dem quergestreiften und glatten Muskelgewebe gestützt werden, indem die quergestreifte Muskelfaser ebenso als ein allseitig begrenztes Formelement aufzufassen ist, wie das spindelförmige Formelement des glatten Muskelgewebes.

Auch die bisher oft angeregte Frage über den Zusammenhang zwischen Muskel- und Sehnengewebe scheint uns dadurch erledigt zu sein, indem diejenigen mikroskopischen Bilder, welche bis jetzt noch einige Histologen zur Annahme eines directen Überganges zwischen Sehnen und Muskelgewebe veranlassten, sich daraus erklären, dass in solchen Fällen eine Muskelfaser nicht mit einem stumpfen Ende, sondern mit mehreren kegelförmigen Spitzen in das Sehnengewebe hineinragte.

So haben wir namentlich aus dem Intercostalmuskel des Menschen, aus dem Kölliker[1]) scheinbar direct in das Sehnengewebe übergehende Muskelfasern abbildet, in grosser Anzahl die oben angegebenen mit mehreren kegelförmigen Spitzen endigenden Fasern isolirt.

---

[1]) Mikroskopische Ant. Bd. II, 1. Hälfte, pag. 218, Fig. 62.

Bestimmung der Bahn des Cometen V 1858.

Von **Moritz Löwy.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 7. October, durch das w. M. Hrn. Director v. Littrow.)

Der Comet V 1858 wurde an drei verschiedenen Örtern entdeckt. Zuerst wurde er von Donati am 2. Juni 1858, dann von M. H. P. Tuttle, Cambridge (Amerika) 28. Juni, von M. Parkhurst, Newark 29. Juni und von Miss Mitchell in Nantucket 6. Juli gesehen. Diese jetzt so glanzvolle Lichterscheinung erschien zur Zeit der Entdeckung nur als schwacher Nebel und konnte nur mit stärkeren Fernröhren wahrgenommen werden. Die ausserordentlich kleine Bewegung des Cometen während der ersten Periode der Sichtbarkeit machte die vorläufige Bestimmung der Bahnelemente sehr unsicher, indem die unvermeidlichen Beobachtungsfehler, die bei Cometen in der Regel etwas grösser ausfallen, dadurch um so mehr die eigentliche Natur der Bewegung entstellen konnten. Es wurden desshalb auch beinahe über die ganze Dauer der Sichtbarkeit von den Astronomen der verschiedenen Länder Bahnbestimmungen unternommen, die um so zahlreicher waren, je mehr sich die Verschiedenheit in den Resultaten herausstellte. So konnte ich die Perihelszeit, die sich in gewöhnlichen Fällen aus Beobachtungen in der Zwischenzeit einiger Tage angestellt auf Zeitminuten genau ermitteln lässt, erst aus Beobachtungen, die die Dauer vom Juni bis August umfassten, durch die Übereinstimmung mit einer später von mir unabhängig durchgeführten Berechnung auf hundertel Theile des Tages angeben.

Ich habe die verschiedenen Bahnbestimmungen, die ich im Verlaufe durchgeführt, in den astronomischen Nachrichten veröffentlicht. Ich hatte dabei immer den parabolischen Charakter der Bewegung vorausgesetzt. Die übrig bleibenden Fehler der Normalörter, obwohl sie immer in grösserem Betrage waren, als dies von guten Beobachtungen zu erwarten war, berechtigten mich doch vor der Hand nicht,

obschon ich in den Berichten darüber immer die Möglichkeit der Ellipticität andeutete, dies mit Bestimmtheit vorauszusetzen. Ich habe desshalb auch in der vorliegenden Rechnung vorerst versucht, ob die Beobachtungen nicht durch eine Parabel genügend dargestellt werden könnten. Allein es zeigte sich bald die Unmöglichkeit dieser Voraussetzung. Nachdem die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung der geocentrischen Länge auf ein Minimum gebracht waren, zeigten sich noch in den Breiten Differenzen von 70″.

Ich ging daher von der Parabel unmittelbar zur Bestimmung der wahrscheinlichsten Ellipse über. Die Methode, nach welcher ich dies durchführte, wurde von Herrn Dr. Hornstein in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften (Märzheft des Jahrganges 1854) bei der Bahnbestimmung des ersten Cometen 1847 bekannt gegeben. Ich rechnete blos noch mit einem kleinen angenommenen Werthe des Bruches $^1/_a$ (wenn a die Halbaxe der Ellipse bedeutet), bei unverändertem Werthe des Verhältnisses der curtirten Distanzen δ''/δ, eine dritte Hypothese und mit Benützung der beiden parabolischen Hypothesen, nachdem die Correctionszahlen x und y so ermittelt waren, wie dies gewöhnlich bei Verbesserung elliptischer Elemente nach der Methode der curtirten Distanzen geschieht, erhielt ich die neuen elliptischen Elemente aus der Verbesserung der ersten parabolischen Hypothese.

Ich habe acht geprüfte Beobachtungen vom 14. Juni bis 29. September als Grundlage für die vorliegende Rechnung verwendet; es sind die folgenden:

Datum in mittlerer Zeit der Beobachtungsörter	Beobachtungsort	Rectascension	Declination
1858, Juni 14. 10h 35m 37s	Berlin	9h 25m 39s·70	25° 5′ 48″·6
„ „ 14. 10 55 21	Wien	9 25 40·86	25 5 54·3
„ Juli 9. 10 8 3	„	9 35 42·14	27 26 42·3
„ „ 9. 9 17 49	Washington	9 35 50·40	27 27 52·8
„ „ 10. 8 57 0	„	9 36 27·30	27 33 14·3
„ Aug. 17. 8 47 30	Wien	10 13 8·64	31 48 18·4
„ Sept. 29. 7 16 8	„	12 58 52·71	31 17 14·1
„ „ 29. 8 13 22	„	12 59 17·30	31 14 25·0

Woraus sich dann die elliptischen Elemente folgendermassen ergeben haben:

Perihelzeit	1858, Sept. 29·99670	mittlere Berliner Zeit
Ω	165 18 57·1	Mittl. Äq. 1858, 0. Jänn.
ϖ	36 13 18·8	
i	63 01 46·8	
Log q	9·7623012	
e	0·9968555	
Log a	2·2647514	
Umlaufszeit	2495·32 Jahre	
μ	1·421933	

Heliocentrische Bewegung retrograd.

Mit den nachstehenden übrig bleibenden Fehlern:

Normalort	Datum	δλ	δβ
1	1858, Juni 14	0·0	0·0
2	„ Juli 9	0·2	10·9
3	„ Aug. 17	0·0	—5·3
4	„ Sept. 29	0·0	0·0

Die Untersuchung, in wie weit die angegebene Umlaufszeit der Wahrheit nahe kommt, zeigt die noch starke Unbestimmtheit dieser Zahl. Obschon sich dies zum Theile aus der Natur der Sache selbst erklärt, so wird doch die Unbestimmtheit sich stark vermindern, sobald die Berechnung auf alle über die Dauer der Sichtbarkeit bekannt werdenden Beobachtungen sich gründen wird.

Stellt man die übrig bleibenden Fehler als Function der Correctionszahl y dar, durch welche man unmittelbar aus der Gleichung $a = \frac{1164}{y}$ die Halbaxe der Ellipse findet, so bekommt man für die Fehler die folgenden Gleichungen:

Normalort	Datum	δλ	δβ
1	Juli 9	8'83—1'35y	42'34— 4'97y
2	Aug. 17	3·26—0·54y	63·92—10·92y

Die folgende Übersicht enthält für verschiedene Werthe von y die entsprechenden Umlaufszeiten mit den dazu gehörigen Summen der Fehlerquadrate.

y	a	Umlauf-zeit	$d\lambda$		$d\beta$		Länge	Breite
			Norm. I.	Norm. II.	Norm. I.	Norm. II.	Summe der Fehler-quadrate	
3	388	7642	+4'8	+1'6	+27'4	+31'2	25'5	1723'0
4	291	4964	+3·4	+1·1	+22·5	+20·2	13·0	914·0
5	233	3554	+2·1	+0·6	+17·5	+ 9·3	4·6	392·6
6	194	2702	+0·7	0·0	+12·5	+ 1·6	0·5	159·3
6·3271	184	2495	+0·2	0·0	+10·9	− 5·1	0·1	146·0
7	166	2144	−0·6	−0·5	+ 7·6	−12·5	0·6	213·5
8	146	1755	−2·0	−1·1	+ 2·6	−23·4	5·0	555·8
9	129	1471	−3·3	−1·6	− 2·4	+34·4	11·0	1186·2
10	116	1256	−4·7	−2·1	− 7·4	+45·3	26·4	2104·1

Man erkennt aus dem aufgestellten Schema, dass die Umlaufszeiten von 2702, 2495, 2144 beinahe auf gleiche Weise den Beobachtungen entsprechen, daher die oben angeführte Zahl der Umlaufszeit noch auf einige Jahrhunderte unsicher erscheint.

Die Ephemeride bezieht sich auf das mittlere Äqu. 1858, Mitte October. Die Vergleichung einer Beobachtung vom 5. October mit ihr zeigte noch die entsprechende Übereinstimmung von Beobachtung und Rechnung.

Lichtstärke vom 14. September = 1 für 0^h mittlere Berliner Zeit.

Datum	Rect-ascension	Declination	Log Δ	Log r	Licht-stärke
1858, Oct. 5	14^h 4 13	20°32·6	9·77070	9·77041	4·46
„ 6	16 41	17 47·6			
„ 7	29 14	14 46·9	9·74735	9·77787	4·80
„ 8	41 47	11 34·0			
„ 9	54 15	8 11·0	9·73357	9·78735	4·89
„ 10	15 6 33	4 41·4			
„ 11	18 34	1 8·8	9·73116	9·79857	4·70
„ 12	30 16	− 2 24·1			
„ 13	41 34	− 5 51·7	9·74022	9·81119	4·25
„ 14	52 27	− 9 12·8			
„ 15	16 2 53	−1223·5	9·75902	9·82490	3·66
„ 16	12 50	−15 23·5			
„ 17	22 19	−18 11·1	9·78482	9·83941	3·04
„ 18	31 19	−20 46·6			
„ 19	39 50	−23 9·6	9·81489	9·85446	2·47
„ 20	47 54	−25 20·8			
„ 21	55 32	−27 21·0	9·84698	9·86984	1·98

Datum	Rect-ascension	Declination	Log. Δ	Log. γ	Licht-stärke
1858, Oct. 22	17h 2m 45	−29°10′8			
„ 23	9 35	−30 51·2	9·87951	9·88538	1·59
„ 24	16 3	−32 22·8			
„ 25	22 11	−33 46·6	9·91145	9·90093	1·28
„ 26	27 59	−35 3·2			
„ 27	33 29	−36 13·6	9·94226	9·91639	1·03
„ 28	38 42	−37 18·4			
„ 29	43 41	−38 17·9			
„ 30	48 26	−39 13·1			
„ 31	52 59	−40 3·1	9·97947	9·94671	0·76
Nov. 1	57 19	−40 19·7			
„ 2	18 1 28	−41 53·2			
„ 3	5 29	−42 43·7			
„ 4	9 17	−42 51·6	0·05052	9·97593	0·48
„ 5	12 58	−43 46·6			
„ 6	16 31	−43 49·6			
„ 7	19 58	−44 40·8			
„ 8	23 16	−44 49 5	0·09576	0·00381	0·34
„ 9	26 28	−45 46·4			
„ 10	29 35	−25 52·2			
„ 11	32 37	−46 16·5			
„ 12	35 35	−46 39·7	0·13595	0·03089	0·25
„ 13	38 28	−47 1·3			
„ 14	41 15	−47 22·0			
„ 15	44 0	−47 41·5			
„ 16	46 41	−48 0·2	0·17177	0·05537	0·19

Über die Minimum-Ablenkung der Lichtstrahlen durch doppeltbrechende Prismen.

Von **Dr. Viktor v. Lang.**

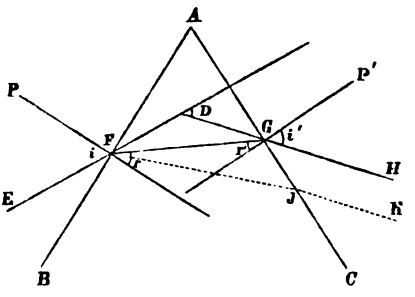
1. Die Hauptbrechungsquotienten doppelt brechender Medien werden gewöhnlich mittelst Prismen bestimmt, welche parallel einer Elasticitätsaxe geschnitten sind, so dass wenigstens die senkrecht zur brechenden Kante polarisirte Welle sich mit constanter Geschwindigkeit fortpflanzt. Sénarmont[1]) hat vor nicht langer Zeit gezeigt, wie man bei also geschnittenen Prismen auch die zweite, parallel zur brechenden Kante polarisirte Welle mit variabler Geschwindigkeit zur Messung der Hauptbrechungsquotienten benützen könne. Es tritt hiebei der Umstand ein, dass die Wellennormale bei dem Durchgange der Lichtstrahlen durch das Prisma nicht mehr gleiche Winkel mit den Seiten desselben einschliesst, wie es der Fall ist wenn die Welle sich nach allen Richtungen mit constanter Geschwindigkeit fortpflanzt. Indem Sénarmont die Orientirung der Prismenseiten gegen die Elasticitätsaxen als bekannt voraussetzt, entwickelt er die Gleichung, welche die Abhängigkeit der beiden Hauptbrechungsquotienten, zwischen denen die Geschwindigkeit der Welle variirt, von der Grösse der brechenden Kante und der Minimum-Ablenkung angibt. Diese Gleichung vereinfacht sich noch sehr, wenn die Halbirungslinie des brechenden Winkels mit einer Elasticitätsaxe zusammenfällt, oder wenn, was dasselbe bedeutet, die beiden Prismenflächen gleich gegen die Elasticitätsaxen orientirt sind. In diesem einzigen Falle nämlich schliesst die hindurchgehende Wellennormale gleiche Winkel mit beiden Seiten des Prisma's ein.

Dieser Satz gilt aber nicht allein für Wellen, deren Geschwindigkeit durch den Radius einer Ellipse gegeben sind, wie in dem von Sénarmont untersuchten Falle, sondern allgemein für beliebig

[1]) Note sur quelques formules propres à la détermination des trois indices principaux dans les cristaux biréfringentes. Nouv. Ann. de Mathém. t. XVI.

orientirte Prismen. Sobald die beiden Prismenflächen sich gleich gegen die Elasticitätsaxen verhalten oder, anders ausgedrückt, sobald die Halbirungslinie des brechenden Winkels in einen optischen Hauptschnitt entfällt, so geht bei der Minimum-Ablenkung die Welle gleichgeneigt gegen beide Seiten des Prisma's hindurch. Mit Vortheil wird man sich daher eines Prisma's bedienen, das z. B. von zwei Flächen einer rhombischen Pyramide gebildet wird. Beide Wellen gehen alsdann bei ihrer Minimum-Ablenkung längs eines optischen Hauptschnittes durch den Krystall und wenigstens eine Welle wird schon unmittelbar einen Hauptbrechungsquotienten liefern.

Bevor ich es aber versuche, den Beweis hiefür zu geben, werde ich noch einige Worte über die Bestimmung der Hauptbrechungsquotienten mittelst zweier beliebig orientirter Krystallflächen (oder überhaupt mittelst Flächen, deren Neigungen gegen die Krystallaxen bekannt sind) voranschicken.



2. Es bezeichne

$\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \mathfrak{c}$	die Grössen der drei Elasticitätsaxen;
α, β, γ	die drei Hauptbrechungsquotienten;
P	die Normale auf die erste Prismenfläche;
P'	die Normale auf die zweite Fläche;
ξ, η, ζ	die Winkel, welche P mit den drei Elasticitätsaxen einschliesst;
ξ', η', ζ'	die entsprechenden Winkel in Bezug auf P;
A	die Grösse der brechenden Kante;
i	den Winkel des einfallenden Lichtstrahles, welcher rechtwinklig zur brechenden Kante vorausgesetzt wird, mit der Normale P;
i'	den Winkel des austretenden Strahles mit P';
r, r'	die Winkel, welche die Wellennormale im Prisma mit P und P' einschliesst;
V	die Geschwindigkeit in der Luft;
p	die Geschwindigkeit der Welle im Krystalle;

μ, ν, π die Winkel der Wellennormale im Krystalle mit den Elasticitätsaxen;

$n = \frac{V}{v}$ der Brechungsquotienten für die durch μ, ν, π gegebene Richtung;

D die Gesammtablenkung des Lichtstrahles.

Mittelst sphärischer Trigonometrie findet man leicht folgende Beziehungen:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\mu &= [\cos\xi \sin(A-r) - \cos\xi' \sin r]\frac{1}{\sin A} \\
&= [\cos\xi \sin i' - \cos\xi' \sin i]\frac{1}{n \sin A} \\
\cos\nu &= [\cos\eta \sin(A-r) - \cos\eta' \sin r]\frac{1}{\sin A} \\
&= [\cos\eta \sin i' - \cos\eta' \sin i]\frac{1}{n \sin A} \\
\cos\pi &= [\cos\zeta \sin(A-r) - \cos\zeta' \sin r]\frac{1}{\sin A} \\
&= [\cos\zeta \sin i' - \cos\zeta' \sin i]\frac{1}{n \sin A}
\end{aligned}\right\} 1)$$

3. Die Normale der einfallenden Welle EF, welche in der Luft mit der Richtung des Strahles zusammenfällt, verbleibt bei jeder Brechung in der Einfallsebene, es wird daher auch die austretende Wellennormale GH rechtwinklig zur brechenden Kante sein. Die Richtung des Strahles hingegen wird beim Eintritte in den Krystall im Allgemeinen aus der Einfallsebene heraustreten, JF; an der zweiten Prismenfläche aber angelangt wird der Strahl, da er in die Luft austritt, wieder seiner Wellennormale parallel, JK. Wir können mit unseren Instrumenten natürlich nur den Ablenkungswinkel des Strahles (EF zu JK) messen, nach dem eben Gesagten ist aber dieser gleich dem Ablenkungswinkel der Wellennormale (EF zu GH); nur kann hiebei geschehen, dass das Bild der Licht gebenden Spalte nach oben oder unten parallel der brechenden Kante verschoben ist. Diese Verschiebung für die Kante selbst gleich Null, wächst mit der Dicke der durchlaufenen Schicht und ist jedenfalls von geringem Betrage; wäre sie bedeutender, so könnte man durch paralleles Verschieben des Limbus sich helfen.

4. In Bezug auf die Wellennormale hat man nun

$$2)\quad \begin{cases} A = r + r' \\ D = i + i' - r - r' = i + i' - A \\ \dfrac{\sin i}{\sin r} = \dfrac{\sin i'}{\sin r'} = n \end{cases}$$

Hieraus findet man, falls die Winkel A, D, i bekannt sind, den Werth von n aus folgenden Formeln:

$$3)\quad \begin{cases} \tan\left(\dfrac{A}{2} - r\right) = \tan\dfrac{A}{2}\cot\dfrac{A+D}{2}\tan\left(i - \dfrac{A+D}{2}\right) \\ n = \dfrac{\sin i}{\sin r} \end{cases}$$

Die Geschwindigkeit einer Welle ist aber andererseits gegeben durch die Gleichung

$$\frac{\cos\mu^2}{p^2 - a^2} + \frac{\cos\nu^2}{p^2 - b^2} + \frac{\cos\pi^2}{p^2 - c^2} = 0$$

oder die Nenner durch V dividirt

$$4)\quad \frac{\cos\mu^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{a^2}} + \frac{\cos\nu^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{\beta^2}} + \frac{\cos\pi^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{\gamma^2}} = 0.$$

Setzt man hierin für $\cos\mu$, $\cos\nu$, $\cos\pi$ die Werthe aus Gleichung (1), so hat man

$$5)\quad \frac{(\cos\xi\sin i' - \cos\xi'\sin i)^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{a^2}} + \frac{(\cos\eta\sin i' - \cos\eta'\sin i)^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{\beta^2}} + \frac{(\cos\zeta\sin i' - \cos\zeta'\sin i)^2}{\frac{1}{n^2} - \frac{1}{\gamma^2}} = 0$$

In dieser Gleichung finden sich ausser den unbekannten Grössen α, β, γ, erstens die Grössen n, i, i', welche nach Gleichung 2 und 3 durch die Beobachtung ermittelt werden können; zweitens die Winkel der Prismenflächen mit den Elasticitätsaxen ξ, η, ζ, ξ', η', ζ'. Fallen, wie im rhombischen Systeme, die Krystallaxen mit den Elasticitätsaxen zusammen, so sind die Werthe dieser Winkel, falls die Prismenseiten von Krystallflächen gebildet werden, leicht aus den krystallo-

graphischen Constanten zu ermitteln. In der Gleichung 5 finden sich alsdann nur mehr die drei Unbekannten α, β, γ. Indem man nun die Incidenz des auffallenden Lichtstrahles zweimal ändert, so erhält man im Ganzen drei Gleichungen von der Form der Gleichung 5, aus welchen die Werthe von α, β, γ bestimmt werden können.

Im monoklinoëdrischen Systeme, wo die Lage der Elasticitätsaxen in der Symmetrieebene erst zu ermitteln ist, tritt in die Grössen $\xi, \eta, \zeta, \xi', \eta', \zeta'$ noch eine unbekannte Grösse (welche eben die Lage der Axen in der Symmetrieebene bestimmt) hinein und es sind daher wenigstens 4 Gleichungen nöthig.

Im triklinoëdrischen Systeme würde sich die Gesammtzahl der Unbekannten auf sechs belaufen.

Obwohl nun diese Methode der Ermittelung der Hauptbrechungsquotienten etwas längere Rechnungen erfordert, so kann sie doch, falls ein oder zwei Brechungsquotienten auf die gewöhnliche Weise bestimmt wurden, gute Dienste leisten.

5. Gehen wir nun zur Betrachtung der Minimum-Ablenkung über. Aus den Gleichungen 2 erhalten wir

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i'}{\sin r'} = n \\ &D = i + i - A;\ r' = A - r \\ &D = \arcsin\{n \sin r\} + \arcsin\{n \sin (A - r)\} - A \end{aligned}\right\} \quad 6)$$

In der letzten Gleichung ist die einzige variable Grösse r, mit welcher auch der Brechungsquotient n sich ändert. Man hat also für das Minimum der Ablenkung folgende Bedingungsgleichung:

$$\frac{dD}{dr} = \frac{\frac{dn}{dr}\sin r + n\cos r}{\sqrt{1 - n^2 \sin r}} + \frac{\frac{dn}{dr}\sin (A - r) - n\cos (A - r)}{\sqrt{1 - n^2 \sin (A - r)^2}} = 0 \qquad 7)$$

und aus dieser Gleichung bestimmt sich der specielle Werth von r, für welchen das Minimum stattfindet.

In Bezug auf die Gleichungen 6 ist es ersichtlich ganz gleichgiltig, ob man i oder i' als Einfallswinkel annimmt; dasselbe gilt in Bezug auf den aus Gleichung 7 resultirenden Werth von r. Bei dem Minimum der Ablenkung wird also die Wellen-

Normale im Krystalle immer dieselbe Richtung haben, welche Fläche man auch zur Einfallsebene macht; ersichtlich wird auch dann die Richtung in der Luft dieselbe sein.

Denken wir uns nun ein Prisma, dessen beide Seiten gleich orientirt gegen die Elasticitätsaxen sind. Die Winkel, welche die Wellennormale bei der Minimum-Ablenkung mit den beiden Flächennormalen einschliesst, seien wieder r und r'. Da aber die beiden Flächen sich gleich gegen die Elasticitätsaxen verhalten, was also für die eine Fläche Geltung hat, auch für die andere Fläche gilt, so muss in diesem Falle

$$r = r'$$

sein, d. h. die Wellennormale ist gleich geneigt gegen beide Prismenseiten.

Dass dies jedoch der einzige Fall ist, in welchem $r = r'$ wird, lässt sich auf folgende Art beweisen.

6. Wir nehmen an, die Wellennormale schliesse bei dem Minimum ihrer Ablenkung gleiche Winkel mit den Prismenseiten ein, und suchen nun die Bedingungen, welche ξ, η, ζ, ξ', η', ζ' erfüllen müssen, dass obige Annahme wirklich stattfindet.

Wir setzen also

$$r = r' = \frac{A}{2}.$$

Dieser Werth in die Gleichung 7 gesetzt, gibt nun die gesuchte Bedingungsgleichung. Da der Werth von $\frac{dn}{dr}$ noch nicht näher bekannt ist, so können wir die Substitution in diesem Ausdrucke vorläufig nur anzeigen. Man erhält auf diese Weise nach einfacher Reduction:

$$\left(\frac{dn}{dr}\right)_{\mu=\frac{A}{2}} \cdot \sin\frac{A}{2} = 0$$

und da $\sin\frac{A}{2}$ nicht gleich Null sein kann

$$\left(\frac{dn}{dr}\right)_{r=\frac{A}{2}} = 0 \qquad 8)$$

Um den Werth von $\frac{dn}{dr}$ zu finden, differentiiren wir die Gleichung 4 nach r. Man erhält, da die Winkel μ, ν, π ebenfalls mit r variiren, folgende Gleichung

$$\frac{dn}{dr} = -\frac{\frac{\frac{d\cos\mu^2}{dr}}{\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\alpha^2}} + \frac{\frac{d\cos\nu^2}{dr}}{\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\beta^2}} + \frac{\frac{d\cos\pi^2}{dr}}{\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\gamma^2}}}{\frac{2}{n}\left\{\frac{\cos\mu^2}{\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\alpha^2}\right)^2} + \frac{\cos\nu^2}{\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\beta^2}\right)^2} + \frac{\cos\pi^2}{\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\gamma^2}\right)^2}\right\}} \qquad 9)$$

Dieser Ausdruck soll nach Gleichung 8 gleich Null sein; da der Nenner als eine Summe lauter positiver Grössen nicht gleich Null sein kann, so hat man

$$\left\{\frac{\frac{d\cos\mu^2}{dr}}{\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\alpha^2}} + \frac{\frac{d\cos\nu^2}{dr}}{\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\beta^2}} + \frac{\frac{d\cos\pi^2}{dr}}{\frac{1}{n^2}-\frac{1}{\gamma^2}}\right\}_{r=\frac{A}{2}} = 0.$$

Die Zähler in dieser Gleichung hängen von den Grössen ξ, η, ζ, ξ', η', ζ' und $r = \frac{A}{2}$ ab; sie können daher für Prismen aus verschiedenen Krystallen gleich bleiben, während die Nenner auf die mannigfaltigste Weise variiren. Soll aber trotzdem die Summe dieser Brüche gleich Null sein, so kann dies nur geschehen, wenn jeder einzelne Bruch gleich Null ist. Anstatt der letzten Gleichung hat man also folgende drei neue Gleichungen:

$$\left(\frac{d\cos\mu^2}{dr}\right)_{r=\frac{A}{2}} = 0\,;\ \left(\frac{d\cos\nu^2}{dr}\right)_{r=\frac{A}{2}} = 0\,;\ \left(\frac{d\cos\pi^2}{dr}\right)_{r=\frac{A}{2}} = 0. \qquad 10)$$

Setzt man hierin für $\cos\mu$, $\cos\nu$, $\cos\pi$ die Werthe aus Gleichung 1, so hat man

$$\left(\frac{d\cos\mu^2}{dr}\right)_{r=\frac{A}{2}} =$$

$$-\left\{\frac{2[\cos\xi\sin(A-r)-\cos\xi'\sin r]\,[\cos\xi\cos(A-r)+\cos\xi'\cos r]}{\sin A}\right\}_{r=\frac{A}{2}} = 0$$

und hierin die Substitution $r = \frac{A}{2}$ ausgeführt, gibt

11) $$-2\,[\cos\xi + \cos\xi']\,[\cos\xi - \cos\xi']\,\frac{\sin\frac{A}{2}\cos\frac{A}{2}}{\sin A} = 0$$

$$[\cos\xi + \cos\xi']\,[\cos\xi - \cos\xi'] = 0.$$

Damit diese Gleichung erfüllt sei, muss

$\cos\xi = \pm\cos\xi'$ sein; auf gleiche Weise

erhält man $\cos\eta = \pm\cos\eta'$ und

$\cos\zeta = \pm\cos\zeta'$.

Diesen Gleichungen entsprechen die Werthe

12) $$\xi = \pm \begin{cases} \xi' \\ 180^0 - \xi' \end{cases}$$

$$\eta = \pm \begin{cases} \eta' \\ 180^0 - \eta' \end{cases}$$

$$\zeta = \pm \begin{cases} \zeta' \\ 180^0 - \zeta'. \end{cases}$$

Diese Gleichungen müssen also erfüllt sein, soll bei dem Minimum der Ablenkung die Wellennormale gleichgeneigt gegen beide Prismenflächen hindurchgehen. Sie bedeuten, dass die beiden Prismenseiten gleich orientirt sein müssen gegen die Elasticitätsaxen. In diesem Falle entfällt die Halbirungslinie des brechenden Winkels in einen der optischen Hauptschnitte.

Vorgelegte Druckschriften.

Nr. 24.

Annales des Mines. Tome XII, livr, 5, 6. T. XIII, livr. 1. 8°.

Archiv für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Band I, Heft 5. Utrecht, 1858; 8°.

Austria. X. Jahrgang, Heft 44.

Belli, G., Sulle induzioni eletrostatiche. 8°. (Separatabdruck aus dem Nuovo Cimento, Vol. VII.)

Cosmos, VII année. Vol. XIII, livr. 17.

Dudley Observatory, The. An Address to the citizens of Albany, and the donors and frieuds of the D. O., on the recent proceedings of the trustees; from the committee of citizens appointed at a public meeting held in Albany, on the 13th of Juli 1858. Albany, 1858; 8°. — Defence of Dr. Gould by the scientific council of the — Second edition. Albany, 1858; 8°.

Gesellschaft, naturforschende in Zürich. Zweiter Jahrgang, Heft 1 — 4. Dritter Jahrgang, Heft 1 und 2. 8°.

— physicalisch-medicinische, in Würzburg. Verhandlungen. IX. Bd. 1. Heft. 8°.

Gewerbe-Verein, nieder-österreichischer. Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1858; Heft 7, 8. 8°.

Milne, Edw. Leçons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée de l'homme et des animaux. Tome III, part 2. Paris, 1858; 8°.

Mittheilungen aus Justus Perthes' geographischer Anstalt. Heft 8.

Rennie, George, On the quantity of Heat developed by Water when rapidly agitated.

Schmidt, Dr. Jul., Untersuchungen über das Erdbeben am 15. Jänner 1858. Wien; 4°.

Tafeln zur Statistik des Steuerwesens im österreichischen Kaiserstaate mit besonderer Berücksichtigung der directen Steuern und des Grundsteuer-Katasters. Herausgegeben von dem k. k. Finanzministerium. Wien, 1858; Folio.

Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. XII Jahrgang. Neubrandenburg, 1858; 8°.

— für Naturkunde im Herzogthume Nassau. Heft 12. Wiesbaden, 1857.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XXXIII. BAND.

SITZUNG VOM 11. NOVEMBER 1858.

№ 25.

SITZUNG VOM 11. NOVEMBER 1858.

Eingesendete Abhandlungen.

Über den elektrischen Zustand der Nebenbatterie während ihres Stromes.

Von K. W. Knochenhauer.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 21. October 1858.)

Die von mir mitgetheilten Versuche mit einer getheilten Batterie (Sitzungsber. Bd. XXVII, p. 207) verlangten zu ihrer Erklärung, wie ich dies angab, noch nähere Beobachtungen über die Spannungsverhältnisse. Als ich die Untersuchung in diesem Jahre vornahm, traten alsbald Thatsachen hervor, welche die von mir bisher geltend gemachten Ansichten in mehreren Beziehungen modificiren mussten und mir manches bereits von anderen Aufgestellte, wenn auch theilweise in veränderter Form, doch jedenfalls näher rückten. Dabei zeigte es sich, dass eine vollständige Untersuchung der Spannungsverhältnisse auf den Schliessungsdräthen, wenn anders mit den vorhandenen Instrumenten ausführbar, noch zurückgesetzt werden müsse, dagegen als erster Gegenstand der Beobachtungen die Aufgabe vorliege, den wechselnden elektrischen Zustand der Nebenbatterie während der Dauer ihres Stromes soweit als möglich zu ermitteln.

Meine Versuche begannen mit einer getheilten Hauptbatterie. Die aus den beiden Flaschenpaaren (*A*) und (*B*) gebildete Batterie war nicht isolirt aufgestellt und wurde vom Conductor aus durch einen Zuleitungsdrath geladen. Von der inneren Belegung des Flaschenpaares (*A*) gingen 5′ Kupferdrath (*K*) bis zu einem isolirten Quecksilbernapf *C*, dann 4′ bis zur Schraube *D* des Ausladers, dessen andere Schraube durch 1′ *K* mit der Aussenseite der Batterie ver-

bunden war. Den Ausladen zu 1′ gerechnet, hatte also der ganze Drath eine Länge von 11′. Von der innern Belegung von (*A*) ging ferner ein $3^1/_2$′ langer Kupferdrath nach einem isolirten Quecksilbernapf und von der Innenseite von (*B*) ein ebenso langer Drath nach einem andern isolirten Quecksilbernapf; beide wurden hierauf durch einen nach und nach immer längeren Kupferdrath verbunden. Zur Befestigung der Dräthe im Innern der Flaschen hatte ich an ihre Enden schwere Zinkkugeln angiessen lassen, was die Aufstellung des Apparates sehr erleichterte.—Die mit ihren Aussenseiten verbundenen Flaschenpaare (*A*) und (*B*) bilden, wie man leicht einsehen wird, eine getheilte Batterie; beide Theile haben den gemeinsamen Stamm von 11′, der Zweig von (*B*) ist von variabler Länge, der Zweig von (*A*) dagegen ist auf Null reducirt. Dies letztere schien mir räthlich, um bei der Erklärung der Beobachtungen nicht mit diesem Zweige unnütze Verwicklungen herbeizuführen; später erhielt auch (*A*) einen besondern Zweig. Noch bemerke ich, dass die Stellung des Ausladers nahe am Ende des Stammes ohne allen Einfluss auf die Thatsachen ist, wie ich dies nachher belegen werde. Die Kugeln des Ausladers standen so weit von einander entfernt, dass die Schlagweite nach meiner bisherigen Bezeichnungsweise 40·0 betrug, d. h. ihre Entfernung betrug 1·84 Linien. In die Nähe dieser Batterie wurde der Funkenmesser so gestellt, dass die eine Kugel desselben durch einen starken Zuleitungsdrath mit der Innenseite von (*B*) oder mit *Bi*, die andere auf gleiche Weise nach einander mit der Innenseite von (*A*) oder mit *Ai*, mit dem Napf *C*, mit der Schraube *D* und mit der Aussenseite von (*B*) oder mit *Ba* verbunden werden konnte. Während die Batterie geladen wurde, schlug, mit Ausnahme der Verbindung zwischen *Bi* und *Ba*, wie nahe auch die Kugeln des Funkenmessers gegen einander standen, niemals ein Funke über, was natürlich ist, da die Ladung beider Batterietheile gleichmässig wuchs; in dem Moment dagegen, wo sich die Batterie entlud, fanden Funkenübergänge über den Funkenmesser Statt, deren grösste Weite beobachtet wurde. Ich habe schon früher nachgewiesen, dass bis auf geringfügige Differenzen diese Funken unter constanten Verhältnissen gleich lang bleiben, auf welche Weise man auch die Verbindungsdräthe zwischen den Kugeln und den zu untersuchenden Stellen der Batterie und ihres Schliessungsdrathes abändert, so dass die Funkenlänge nicht etwa durch den neuen Weg, den die Elektricität über die Kugeln nimmt, bedingt

wird, sondern allein durch den elektrischen Zustand, in welchen die Kugeln versetzt werden, d. h. durch den elektrischen Zustand der beiden Stellen des Apparates, mit welchen die Kugeln in Verbindung stehen. Würden z. B. hier die Innenseiten von (*A*) und (*B*) während der ganzen Dauer der Entladung durchweg in gleichem Zustande bleiben, sänke also in beiden Batterietheilen die Ladung ganz gleichmässig herab, so würde von *Bi* nach *Ai* über den Funkenmesser niemals ein Funke herüberspringen können; sinkt dagegen die Ladung schneller in (*A*) als in (*B*) oder umgekehrt, so muss die Differenz durch die Funkenlänge bezeichnet werden. Die sämmtlichen nachfolgenden Versuchsreihen werden diesen Satz so genügend bestätigen, dass ich Weiteres hier hinzuzufügen nicht für nöthig erachte [1]).

Reihe 1. Stamm: 5′ (*C*) 4′ (*D*) Ausl. 1′ = 11′.

Zu. in Zw. B.	*Bi—Ai*	*Bi—C*	*Bi—D*	*Bi—Ba*	Differenz im Stamme auf		
					5′	4′	2′
8′	35·5	41·0	47·5	48·5	+ 5·5	+ 6·5	+1·0
24	54·5	52·2	51·0	50·0	— 2·3	— 1·2	—1·0
40	61·7	53·7	48·0	46·0	— 8·0	— 5·7	—2 0
56	59·2	48·5	41·2	42·5	—10·7	— 7·3	+1·3
64	58·0	45·0	38·5	—	—13·0	— 6·5	+1·5
72	59·2	48·5	41·5	41·2	—10·7	— 7·0	—0·3
90	66·0	54·2	45·0	43·0	—11·8	— 9·2	—2·0
125	70·5	56·5	45·5	42·7	—14·0	—11·0	—2·8
160 [2])	72·0	57·0	44·5	41·7	—15·0	—12·0	—2·8
200 [2])	72·0	55·2	41·2	—	—16·8	—14·0	—1·2

Die beiden Striche in der Columne *Bi—Ba* bedeuten, dass bei 40·5 noch kein Funke von *Bi* zu *Ba* überging; dies fand erst bei 40·0 Statt, bis wohin die ursprüngliche Ladung von (*B*) steigt, wesshalb diese Funkenlänge keine Bedeutung für die Zustände während der Entladung hat. Bleiben wir bei dieser Columne zunächst stehen, so bemerken wir, dass bei 24′ Zusatz in Zweig *B* die Funkenlänge bis auf 50·0 steigt, bei 64′ sich nicht über 40·0 erhebt, bei 90′ wieder auf 43·0 kommt, und später abermals auf 40·0 zurücksinkt. Die mit der Aussenseite der Batterie verbundene Kugel des Funkenmessers bleibt durchweg auf Null; wächst also die Funkenlänge über 40·0,

[1]) S. Näheres später nach den Reihen 18—24.

[2]) Diese beiden letzten Längen sind nur annähernd richtig, da zu Spiralen gewundene Dräthe eingeschaltet wurden, deren äquivalente Längen mir nicht ganz genau bekannt waren.

die Schlagweite der Batterie, hinaus, so kann der Grund nicht darin liegen, dass (*B*) über den Funkenmesser einen bequemern oder kürzern Weg der Entladung findet, als über seinen Zweig, über (*A*) und den Stamm, denn in diesem Fall müsste schon die Funkenlänge continuirlich mit dem Zusatz in *B* wachsen, und sie könnte sicher bei 64′ nicht wieder ganz auf 40·0 zurückgehen, um hinterher noch einmal zu steigen, sondern der Grund kann allein darin liegen, dass die Innenseite von (*B*) während der Entladung eine grössere Intensität der Ladung als 40·0 erlangt. Noch klarer wird dies, wenn man gerade so wie bei (*B*) *Ai* mit *Aa* durch den Funkenmesser verbindet; hier geht ebenso wenig wie bei einer einfachen Batterie, möge der Schliessungsdrath auch noch so lang sein, irgend ein Funke von einer Länge über 40·0 hinüber. Endlich wird die gesteigerte Ladung in (*B*) noch durch die nach Nr. 1 und Nr. 2 der cit. Abh. p. 208 vermehrte Wärme in Zweig *B* (dort in $F_2 + F_3$) bestätigt. Wenn nun der Funkenmesser eine Ladung von (*B*) bis zu 50·0 anzeigt, so ist freilich damit noch nicht entschieden, zu welchem Momente der Entladung diese gesteigerte Ladung eintritt, sondern es ist damit nur allgemein ausgedrückt, dass (*B*) diese Ladung zu irgend einem Momente erlangt.

Betrachten wir hierauf die Zahlen in der ersten Columne, so springen zwischen *Bi* und *Ai* Funken von einer Länge bis zu 72·0 über; diese Funkenlänge wächst im Allgemeinen mit dem Zusatz in Zweig *B*, geht indess bei 64′ auch wieder etwas zurück. Da nach den Beobachtungen bei 200′ Zusatz z. B. weder (*A*) noch (*B*) während des ganzen Verlaufes der Entladung in irgend einem Momente eine über + 40·0 steigende Intensität der Ladung erlangt, so wird man die beobachtete Funkenlänge offenbar nicht anders erklären können, als wenn man in irgend einem Momente die eine innere Belegung positiv, die andere negativ annimmt und zwar der Art, dass die Differenz beider Elektricitäten = 72·0 ist. Es könnte zwar die Funkenlänge auch durch den Stoss, den die Elektricität bei dem momentanen Auftreten erlangt, um etwas gesteigert werden, wie spätere Beobachtungen dies innerhalb gewisser Schranken wahrscheinlich machen, allein dass die positive Elektricität in (*B*), um nach (*A*) zu gelangen, eine grössere Schlagweite gewinnt, als wenn sie auf *C* oder auf *D* oder endlich nach der Aussenseite der Batterie übergeht, das kann jedenfalls nicht anders möglich sein, als wenn

in (*A*) mehr negative Elektricität als in *C* und hier wieder mehr als in *D* vorhanden ist. Von der andern Seite lässt sich aber nicht absehen, wie (*B*) in (*A*) negative Elektricität erzeugen soll, wenn dieselbe nicht eben so bei der Entladung einer gewöhnlichen einfachen Batterie vorhanden ist; denn wenn auch die Ladung in (*B*) wächst, so geht doch wohl von (*A*) keine positive Elektricität dahin und zwar um so weniger, als bei 200′ Zusatz sich die Ladung von (*B*) nicht einmal steigert; zweitens würde selbst der Fortgang von positiver Elektricität von (*A*) nach (*B*) noch keine negative Ladung erzeugen. An ein Einströmen negativer Elektricität von der Aussenseite der Batterie zu denken, die neben der austretenden positiven fortgeht, führt zu keiner Klarheit; ja es nützte diese Ansicht auch hier zu den Beobachtungen nichts, da in (*A*) mehr negative Elektricität sein muss als in *C*, und hier wieder mehr als in *D*. Ziehen wir die Thermometerbeobachtungen herbei, die ich in der angeführten Abhandlung mitgetheilt habe, so müssen sich wegen der Wärme im Stamm (*A*) und (*B*) bei den grösseren Zusätzen im Zweig *B* hinter einander entladen, also wenn (*B*) hinter (*A*) folgt, so würde (*B*) noch nahe seine ganze positive Ladung besitzen, während (*A*) auf eine nahe ebenso starke negative Ladung zurückgegangen ist. So angesehen verträgt sich dies unmöglich mit einer einfachen Batterie, die am Ende ihrer Entladung sich sicher nicht negativ laden und wieder entladen kann, weil dann einmal aus einer mit dem Schliessungsdrath verbundenen Spitze negative Elektricität ausströmen müsste, was ich niemals gefunden habe, auch das Residuum von negativer Elektricität gebildet sein würde, was gleichfalls den Beobachtungen widerspricht. Ich finde hier keine andere Auskunft, als wenn ich die Entladung einer Batterie, wie dies Riess zuerst gethan hat, aus vielen Partialentladungen mit dazwischen liegenden Pausen bestehen lasse. Ich habe mich bisher von dieser Ansicht fern gehalten, da mir die dafür geltend gemachten Gründe nicht völlig genügend erschienen, namentlich hatten die Pausen für Riess ihre Hauptbedeutung beim Nebenstrom, der doch nach allen meinen Beobachtungen mit dem Hauptstrom zu gleicher Zeit auftritt und aufhört, somit nicht in den Pausen verlaufen kann; erst die Beobachtungen über die Lichterscheinungen im Funken machten mir ernstere Bedenken, die indess auch keinen rechten Ausschlag geben konnten, weil in diesen Beobachtungen zu vieles noch unklar ist, und anderes

als Beleg der Ansicht hingestellt wurde, was gar nicht damit zusammenhängt. Nehme ich jetzt Partialentladungen der Batterie an, setze ich also voraus, dass wegen der durch das Glas hindurch gebundenen Elektricitäten nicht die ganze Ladung auf einmal in Thätigkeit kommen kann, und verbinde damit die Ansicht, dass jede Partialentladung in einer Molecularschwingung besteht, so liegt es im Wesen der Schwingung, welcher Art sie übrigens auch sein mag, dass das schwingende Theilchen nicht an dem Orte der Gleichgewichtslage, also dann, wenn die Flasche im Innern auf Null-Elektricität gekommen ist, zur Ruhe gelangt, sondern vielmehr, dass es eben so weit nach der entgegengesetzten Seite hinausgeht und somit das Innere der Flasche in einen negativen Zustand hinüberführt. Von diesem Orte wird es wieder in die erste Lage zurückgebracht, indem die gebundene positive Elektricität der Flasche von neuem zu einer Ladung hervortritt. So lange die positiv geladenen Theilchen die erste Schwingung vollenden, geben sie nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise, denn diese möchte jetzt, wo wir das Wesen der elektrischen Schwingungen noch gar nicht kennen, doch am verständlichsten sein, positive Elektricität über den Schliessungsdrath ab und erzeugen einen positiven Strom; von dem negativen Zustande dagegen kehren die Theilchen zum positiven nicht durch Abgabe negativer Elektricität zurück, die einen negativen Strom bilden würde, sondern durch Aufnahme neuer positiver Elektricität aus der Flasche; während der Rückschwingung tritt demnach eine Pause in der Strömung ein. Dass der negative Zustand der Batterie nicht einen Strom liefert, macht also einen entschiedenen Gegensatz gegen ihren positiven Zustand; die negative Elektricität entzieht den Leitern, mit welchen sie in Berührung kommt, wohl die positive Elektricität und macht sie negativ, denn sonst könnte die Kugel des Funkenmessers nicht negativ werden, allein weil sie nicht strömt, kann sie nicht in einem Funken überspringen, ihr fehlt die Schlagweite. Auf diese Weise erkläre ich es mir, warum ich aus Spitzen, die mit dem Schliessungsdrath verbunden sind, niemals negative, sondern immer nur positive Elektricität erhalten habe, wogegen andere auch negative nachwiesen, wo Berührungen mit Nichtleitern, mit Harzplatten, stattfanden. Die vorgetragene Ansicht über die Entladung einer Batterie schliesst sich der von Riess insofern an, als sie durch Pausen getrennte Partialentladungen annimmt, Entla-

dungen, die natürlich fortwährend an Stärke abnehmen; sie weicht von ihr nur darin ab, dass sie die einzelnen Partialentladungen mit dem Übergang in einen negativen Zustand der Batterie und somit auch des mit ihr verbundenen Schliessungsdrathes endigen lässt und die Pausen mit dem Übergang in einen positiven Zustand der Batterie und des Schliessungsdrathes ausfüllt, welcher Übergang indess ohne Strom also auch ohne Wärme-Entwickelung erfolgt [1]). — Diese veränderte Ansicht hat auf meine früheren Beobachtungen über die freie Spannung der Elektricität auf dem Schliessungsdrathe einer Batterie keinen Einfluss; denn wenn ich aus ihnen folgerte, dass auf einem homogenen Schliessungsdrathe die freie Spannung von der innern zur äussern Belegung der Batterie gleichmässig abnimmt, so bleibt dies für jede einzelne Partialentladung ebenso giltig, als wenn nur eine totale Entladung stattfände; der Funkenmesser, der die grössten

1) Wenn nach der oben angegebenen Theorie das Innere der Flasche dadurch in einen negativen Zustand übergeht, dass die Molecule in irgend welche Schwingung gerathen, die nicht am Orte des Gleichgewichtes zur Ruhe kommt, sondern die Theilchen nach der entgegengesetzten (negativen) Seite überführt, so dürfte in der uns bis jetzt freilich noch unbekannten Art dieser Schwingungen auch der Grund liegen, warum die Theilchen je nach dem Grade der ursprünglichen Ladung, also je nach dem Grade, wie die Glasmolecule der Flasche gespannt sind, ebenfalls wieder nach der positiven Seite gelangen müssen, ehe eine neue Partialentladung erfolgt. Denn die Annahme einfacher Pausen während der Entladung hatte gerade deshalb für mich etwas so sehr Widerstrebendes, weil ich nicht einsehen konnte, warum nach dem Übergange der ersten Partialentladung, also nachdem die isolirende Luftschicht durchbrochen ist, die Flasche mit einer neuen Partialentladung so lange zögern müsse, bis das Innere wieder nahe auf denselben Grad geladen sei. Denn nähme man während der Pause ein vollständiges Zusammenfallen der zersprengten Luft an, was schon der im Vergleiche zu der unendlich kurzen Zeit, in der die Partialentladungen einander folgen, höchst langsamen Bewegung der Lufttheilchen widerspricht, so würde schon die zweite Partialentladung, als von etwas geringerer Intensität als die erste, nicht mehr über den Ausladen kommen können. Gehen dagegen, wie es die Erfahrung lehrt, noch Partialentladungen über, die von der ursprünglichen Ladungs-Intensität etwa nur den achten Theil besitzen (die Intensität des Residuums), so ist nicht wohl abzusehen, wodurch die der ersten Partialentladung unmittelbar folgenden länger zurückgehalten werden können als bis dahin, wo sie etwa den achten Theil der ursprünglichen Intensität erlangt haben. Besteht dagegen die Ladung der Flasche in einer Spannung der Glasmolecule, die sich durch Schwingungen löst, so müssen diese die ihnen je nach der Stärke der Spannung zukommende Weite erlangen, können also eben so wenig auf der negativen als auf der positiven Seite in ihrem Laufe beschränkt werden. Die Pausen würden hiernach auch bleiben, selbst wenn, was natürlich nicht ausführbar ist, die Kugeln des Ausladers mit der ersten Partialentladung bis zur vollständigen Berührung an einander führen.

Spannungsdifferenzen angibt, liefert die Schlagweite in dem Momente, wo die ersten Partialentladungen beginnen.

Gehen wir auf unsere Reihe zurück, so lehrt sie, dass jede Partialentladung aus (*B*), offenbar weil anders keine gleichmässige Vertheilung der Spannungen auf dem Schliessungsdrathe eintreten kann, später als die entsprechende Partialentladung aus (*A*) erfolgt und zwar desto später, je länger der Zweig *B* wird; zuletzt treten sie ganz aus einander, d. h. die eine tritt in die Pause der andern, wie es die Thermometerbeobachtungen gleichfalls verlangen. Wenn es hierbei auffallen kann, dass die Schwingungen von (*B*) weiter, als man es erwarten sollte, hinter denen von (*A*) zurückbleiben, so liegt ein Grund wohl darin, dass die Molecularschwingungen gerade in der Mitte ihres Laufes am stärksten und schnellsten sind, langsam am Anfang und am Ende, es dürfte indess noch ein anderer bis jetzt nicht nachweisbarer Grund vorhanden sein; denn dass noch besondere Verhältnisse obwalten, zeigt der Rücksprung in der Ladung von (*B*) bei 64′ Zusatz, den ich mir bis jetzt noch nicht zu erklären weiss. An eine zufällige Störung ist um so weniger zu denken, als dadurch alle Beobachtungen über den ganzen Stamm, wie dies die in den drei letzten Columnen berechneten Differenzen zeigen, alterirt werden. — Wenn (*B*) soweit hinter (*A*) zurückbleibt, dass beim Eintritt seiner Partialentladungen der elektrische Zustand in (*A*) = Null ist, erlangt (*B*) seine grösste Schlagweite, hier zwischen 8′ und 24′ Zusatz oder mit Einschluss des constanten Theils bei einer Länge des Zweiges *B* zwischen 15′ und 31′, d. h. etwa bei der doppelten Länge des Stammes. Damit stimmen auch die Thermometerbeobachtungen überein, welche im Zweig *B*, wenn er etwa doppelt so lang als der Stamm ist, die grösste Wärme angeben (s. Nr. 1 und 2 in der cit. Abh.). Das Minimum der Ladung in (*B*) findet bei einer Länge des Zweiges von nahe 73′ (Zusatz 64′) Statt, der 6- bis 7fachen des Stammes.

Ich will mir noch erlauben, einige Worte über die gesteigerte Ladung in (*B*) hinzuzufügen. Dass von (*A*) positive Elektricität nach (*B*) ströme, wird sicher jedem unwahrscheinlich vorkommen; natürlicher ist es, dass die Elektricität in (*B*), deren Entladung durch (*A*) auf die eine oder andere Weise zurückgehalten wird, sich aus dem gebundenen Zustand mehr löst, gerade so, als wäre der Batterietheil (*B*) von dickerem Glase, das bei gleicher Ladung eine

grössere Intensität der freien Elektricität im Innern liefert. Ob die Schlagweite in (*A*) umgekehrt zurückgeht, ist mir nach den folgenden Beobachtungen und den Thermometerangaben, wenn auch nicht ganz sicher, doch höchst wahrscheinlich.

Reihe 2. Stamm: 7′ (*C*) 1′ Ausl. 6′ = 15′.

Zusatz in Zw. B.	*Bi*—*Ai*	*Bi*—*C*	*Bi*—*Ba*	Diff. 7′	Diff. 8′
8′	26·5	35·5	46·0	+ 9·0	+10·5
24	47·5	48·0	49·0	+ 0·5	+ 1·0
40	58·5	53·0	48·0	— 4·5	— 5·0
56	60·7	52·5	45·5	— 8·2	— 7·0
90	55·5	43·0	—	—12·5	— 3·0

Die grösste Ladung erhält (*B*) wiederum, wenn Zweig *B* ungefähr die doppelte Länge des Stammes hat, und das Minimum zeigt sich bei der 6—7fachen. Bei dieser Reihe war es zuerst, wo ich auf das Minimum aufmerksam wurde. Ich änderte, um nicht durch Zufälligkeiten getäuscht zu werden, die Dräthe im Zweige, doch ohne Erfolg; ich schaltete an einem der folgenden Tage den Ausladen bis auf einen Fuss vor dem Ende des Stammes ein, aber es blieb bei Zusatz 90′ *Ai* — *Bi* 56·5, bei Zusatz 125′ 66·0. Eine noch spätere Reihe, wo sich der Stand des Ausladers in Folge des Temperaturwechsels wohl ein wenig geändert hatte, gab

Zusatz:	56′	72	90	98	108	125	160	200
Bi — *Ai*:	62·0	60·0	57·0	57·5	60·5	66·0	68·0	71·5.

Dass durch die Stellung des Ausladers im Stamm die Beobachtungen nicht geändert werden, belegt noch die folgende schon früher angestellte Reihe

Stamm: 3′ Ausl. 11′ = 15′.

Zusatz in *B*:	0′	8	16	24	32	40	56	64	90
Bi — *Ai*:	11·5	26·0	43·0	48·0	54·5	59·2	61·5	61·0	56·0.

Reihe 3. Stamm: 3′ (*C*) 16′ (*D*) 1′ Ausl. 6′ = 27′.

Zusatz in Zw. B.	*Bi*—*Ai*	*Bi*—*C*	*Bi*—*D*	*Bi*—*Ba*	*Ai*—*D*
8′	12·5	14·0	30·0	—	24·2
24	30·2	30·5	42·0	47·5	23·5
40	43·5	43·0	47·5	50·2	21·7
56	52·5	51·7	50·5	50·2	22·5
90	60·2	58·0	50·5	48·0	22·5

Die Reihe entspricht in Bezug auf das Maximum der Ladung in (*B*) den frühern. Die Beobachtungen in der letzten Columne stellen offenbar den Moment dar, wo (*A*) sich allein entladet und (*B*) noch zurück ist; die Zahlen sind etwas kleiner, als wenn (*B*) ausgelöst ist, wo ich 25·0 erhielt; wenn sie beim Maximum in (*B*) am meisten sinken, so dürfte man ein Zurückgehen der Ladungsintensität in (*A*) annehmen, wofür auch die Thermometerbeobachtungen sprechen. — Ich habe hier auch auf dem Zweig *B* die Schlagweite in verschiedenen Distanzen gemessen, und eine continuirliche Abnahme der freien Elektricität von *Bi* nach *Ai* gefunden.

Um zu sehen, ob die Ladung in (*B*) noch mehrere Minima habe, ward der Stamm auf 5′ reducirt, dies gab

Reihe 4. Stamm: 3′ Ausl. 1′ = 5′.

Zusatz in *B*:	0′	8	16	24	40	56	72
Bi — *Ai*:	39·5	57·5	57·2	57·7	67·5	68·5	68·5
Bi — *Ba*:	48·5	45·5	41·2	40·2	—	41·2	40·5
	90	108	125	160	200		
	68·2	70·5	71·5	71·0	71·5		
	—	—	—	—	—		

Bei 24′ und 90′ Zusatz scheinen Minima zu sein, allein sie treten nicht deutlich genug hervor. Desshalb

Reihe 5. Stamm 6′ (*C*) Ausl. 1′ = 8′.

Zusatz in Zw. B.	*Bi*—*Ai*	*Bi*—*C*	*Bi*—*Ba*
8′	47·0	48·0	49·0
24	61·0	47·5	45·5
40	56·0	37·0	—
56	65·0	45·2	42·0
90	70·5	46·0	41·0
125	70·5	43·5	—
160	67·5	40·0	—
200	70·5	43·5	—

Das Vorhandensein mehrerer Minima kann nach dieser Reihe keinem Zweifel unterliegen.

Da bei den Thermometerbeobachtungen Platindräthe *P* eingefügt werden, so kam es zur Sicherstellung der Vergleiche noch darauf an, die Abweichungen zu beobachten, welche durch diese Zusätze entstehen. Der Stamm blieb wie vorher; der Zweig *B* ent-

hielt entweder nur Kupferdrath, oder 2′ Kupferdrath wurden durch *P* ersetzt. Dies gab:

	Zus. in Zw. *B*:	8′	24	40	56	90	125	160	200
Bi—Ai	ohne *P*:	45·5	57·5	52·5	64·0	68·5	67·5	67·0	68·0
	mit *P*:	43·5	54·5	52·5	64·5	68·5	66·5	67·5	68·0

Die Differenzen sind unbedeutend. Wenn übrigens diese Reihe von der vorigen ihr entsprechenden etwas abweicht, so liegt der Grund zumeist in dem namentlich im Frühjahr leicht etwas veränderlichen Stand des Ausladers, dessen beide Glassäulen nur auf einer Holzplatte stehen. Späterhin habe ich diese Veränderlichkeit mehr beachtet und wo es nöthig war, den Stand durch Beobachtungen ermittelt.

Natürlich sind, wie bei allen meinen früheren derartigen Versuchen, sämmtliche Zahlen proportional zur Schlagweite des Ausladers veränderlich. Zum Belege diene bei unverändertem Stamm folgende Reihe.

Zusatz in Zw. B.	*Bi—Ai*		
	Ausl. = 39·5 [1])	Ausl. = 50·0	Ausl. = 30·0
8′	44·5	57·5	32·5
24	58·5	73·5	44·5
40	53·5	69·0	40·5
56	62·5	79·5	46·0
90	68·0	86·0	51·0

Nach diesen Reihen, deren Verlauf klar ist, gab ich den beiden Batterietheilen Zweige von 7½′ und machte den Stamm = 8′ und = 14′; später war Zweig *A* = 5½′, Zweig *B* = 8′ und der Stamm = 2′.

Reihe 6. Zweige = 7½′. Stamm: (*C*) 6′ (*D*) Ausl. 1′ = 8′.

Zusatz in Zw. B.	*Bi—Ai*	*Bi—C*	*Bi—D*	*Bi—Ba*	*Ai—C*	*C—D*
8′	31·0	29·5	44·0	46·5	11·0	15·0
24	52·2	44·5	46·5	46·5	12·5	12·0
40	63·5	49·0	45·5	45·0	13·5	12·0
56	66·2	48·2	41·5	41·5	14·5	12·0
90	64·0	46·5	40·2	—	14·5	12·0
125	58·0	42·0	36·5	—	14·0	13·0

[1]) Durch besondere Beobachtung hier festgestellt.

Reihe 7. Zweige = 7½'. Stamm: (*C*) 6' (*D*) 6' (*E*) Ausl. 1' = 14'.

Zusatz in Zw. B.	*Bi—Ai*	*Bi—C*	*Bi—D*	*Bi—E*	*Bi—Ba*	*Ai—D*
0'	=[1])	7·0	17·0	32·0	—	19·5
8	14·5	18·0	29·5	40·5	42·5	17·5
24	40·5	35·5	42·5	45·5	48·0	15·5
40	57·5	48·5	48·0	47·0	48·0	16·5
56	65·5	54·5	51·5	47·0	48·0	17·5
90	65·5	54·5	50·0	43·5	43·0	18·0
125	62·5	52·0	47·5	41·0	40·5	19·0

Reihe 8. Zw. *A* = 5½'. Zw. *B* = 8'. Stamm: (*C*) Ausl. 1' = 2'.

Zusatz in Zw. *B*:	8'	24	40	56	90	125	160	200
Bi—Ai:	65·5	64·5	62·5	64·5	68·5	66·5	68·0	70·5
Bi—C:	42·5	40·0	38·0	39·5	42·0	40·0	41·0	42·0

Bi—Ba: Durchweg nicht über 40·0.

Diese Reihen stimmen mit den früheren im Allgemeinen überein; der Hauptunterschied liegt nur darin, dass auf Zweig *A*, also auch in (*A*) die negative Elektricität schneller als auf dem Stamm hervortritt. Die Beobachtungen von *Ai* aus und von *C—D* geben wieder den Moment, wo sich (*A*) allein entladet; doch bei 8' Zusatz in Reihe 6 und bei 0 und 8' Zusatz in Reihe 7 zeigt sich die ziemlich zu gleicher Zeit erfolgende Entladung von (*B*). War (*B*) ausgelöst, so gab *C—D* 12·5 und *Ai—D* in Reihe 7 21·0. Auch das Maximum der Ladung erhält (*B*) an derselben Stelle wie früher, doch bleibt es länger bestehen, womit die entsprechenden Thermometerbeobachtungen in Nr. 1 der citirten Abhandlung übereinstimmen. Der Ort der Minima scheint durch die Länge des Zweiges gleichfalls bedingt zu werden. Später in Reihe 29 und 30 werde ich Gelegenheit haben, noch einige Beobachtungen anzuführen, wo der Zweig *A* bedeutend länger ist.

Nach diesen Beobachtungen an einer getheilten Hauptbatterie, welche mich zur Annahme von Partialentladungen derselben geführt hatten, ging ich mit besonderem Interesse an die Untersuchung des elektrischen Zustandes der Nebenbatterie während ihres Stromes, da meine früheren Beobachtungen einestheils die Thatsache festgestellt hatten, dass dieser Strom von seinem Anfange an bis zu

[1]) = bedeutet, dass bei 0·1 Linie Schlagweite noch kein Funke erschien.

seinem Ende gleichartig bleibt, also nicht in zwei von einander getrennte Theile, einen sogenannten Ladungs- und Entladungsstrom zerfallen könne, anderntheils aber in der Abhandlung über die gemeinsame Wirkung zweier Ströme (Sitzungsber. Bd. XVIII, p. 143) bewiesen hatten, dass der Nebenbatteriestrom dennoch nicht gleicher Art mit dem Hauptstrom ist, dass man also den erstern doch nicht als eine einfache Strömung von der Nebenbatterie aus ansehen dürfe. Bei Partialentladungen der Hauptbatterie ward es jetzt recht wohl möglich, dass sich die Nebenbatterie während jeder solcher Partialentladung lade und wieder entlade, indem auf solche Weise der Strom in seinem ganzen Verlaufe sowohl gleichartig als auch vom Hauptstrom verschieden sein würde. Nur müssen diese Nebenbatterieströme je nach dem Längenverhältniss des Neben- und Hauptdrathes wieder von einander verschieden sein, weil die Beobachtungen über die gemeinsame Wirkung zweier Nebenbatterieströme total verschiedene Resultate geliefert hatten, je nachdem die Nebendräthe kürzer, gleich oder länger als der Hauptdrath waren. —Anfänglich hatte ich mit den Versuchen, die ich anstellen wollte, viele Schwierigkeiten, so dass ich eine grosse Zahl Reihen ohne recht deutlichen Erfolg durchführte; es lag dies darin, dass ich bisher die Nebenbatterie bei allen meinen Beobachtungen über die Schlagweite und die Wärmeentwicklung isolirt aufgestellt hatte. Diese Beobachtungen gaben also wohl die Ladung der Nebenbatterie an, nämlich die Spannungsdifferenz der Innen- und Aussenseite in dem Momente, wo der Funke überschlägt, allein sie liessen völlige Ungewissheit darüber bestehen, ob die Innenseite positiv oder negativ sei; sie gaben ferner keine Entscheidung darüber, ob die beiden Belegungen in gleichem Grade entgegengesetzt elektrisch werden, wenn man bei constanter Länge des Nebendrathes die einzelnen Theile desselben vom gespannten Drathe aus gerechnet mehr nach der Innenseite zu oder umgekehrt mehr nach der Aussenseite zu einschaltet. Die Schlagweiten (wie die Thermometerangaben) blieben zwar bei einem solchen Wechsel constant, aber diese gleiche Differenz konnte aus ganz verschiedenen Intensitäten freier Elektricität auf den beiden Belegungen entstehen. Noch übler ward es, wenn ich die Ladung einer andern Batterie z. B. der Hauptbatterie auf die innere oder äussere Belegung überspringen lassen wollte. Da die Hauptbatterie nur die beiden Metallflächen der Nebenbatterie

blieb, man mochte ihre äussere oder innere Belegung ableitend verbinden; da dies bei allen ähnlichen Reihen der Fall war, so habe ich später nur eine Columne ausgefüllt. Die Zahlen in den zwei ersten Columnen beider Reihen geben folgendes Resultat: 1. Sind beide Schliessungsdräthe, der Haupt- und Nebendrath, gleich lang, so ist am Funkenmesser kein Funke über 41·0, d. h. über die Schlagweite der Hauptbatterie zu erlangen; 2. wenn man den Nebendrath länger als den Hauptdrath macht, so springen während der Entladung nur auf die Innenseite der Nebenbatterie längere Funken als 41·0 über; 3. wenn man den Nebendrath kürzer macht, so gehen längere Funken nur auf die Aussenseite über. Für gleich lange (oder äquivalent gleich lange) Schliessungsdräthe ergänzt sich bei grösserer Schlagweite der Nebenbatterie der erste Satz dahin, dass über die Schlagweite gehende Funken auch nach beiden Belegungen springen können. So in der folgenden Reihe, worin die Hauptbatterie aus $(A) + (B)$, die Nebenbatterie nur aus (4) bestand, und demnach zur Gleichheit der Schliessungsdräthe oder zum Maximum der Nebenbatterieladung ein doppelt so langer Nebendrath verlangt wurde.

Reihe 11. $(A)+(B)$. Hptdr. $2\frac{1}{2}'$ Ausl. $1\frac{1}{2}'$ $24'$ $2\frac{1}{2}' = 31\frac{1}{2}$.
(4). Nbdr. $3'$ $24'$ $3 = 30'$.

	$\frac{(A+B)\,i - 4i}{a_0}$	$\frac{(A+B)\,i - 4a}{i_0}$	$\frac{4i - 4a}{a_0}$
Hptdr. + 0′. Nbdr. + 75′	54·0	—	21·5
+ 48	58·0	—	35·0
+ 40	56·0	—	41·0
+ 32	49·0	45·0	44·5
+ 24	—	53·5	44·0
+ 16	—	57·0	43·0
+ 8	—	60·0	39·0
+ 0	—	60·0	32·5
Hptdr. + 24′. Nbdr. + 0	—	54·0	15·0

Damit über die Giltigkeit der Zahlen kein Bedenken obwalte, bemerke ich noch, dass die Länge des Drathes V durchaus gleichgiltig ist; ich hatte V um 16′ verlängert und zwar so, dass diese für sich isolirt angereiht waren, erhielt aber genau dieselben Schlagweiten.

Nach meinen Beobachtungen über den Nebenstrom geht derselbe in dem gespannten Drathe entgegengesetzt zum Hauptstrome,

und somit wird sich hier die Innenseite der Nebenbatterie positiv laden. Ich will dies zunächst als richtig annehmen, um zu einem bestimmten Ausdruck zu gelangen, denn der Beweis kann erst später gegeben werden; wäre es nicht so, so drehen sich nur die Fälle mit zu kurzem und zu langem Nebendrath gegenseitig um. Die Nebenbatterie erlange also im Innern positive, somit bei i_0 auf der äussern Belegung eine ihrer Schlagweite gleich intensive negative Ladung, so ist zunächst bei einem gegen den Hauptdrath zu kurzen Nebendrath ersichtlich, dass die volle Ladung nicht gleich im ersten Momente da ist, sondern erst dann, wenn die erste Partialströmung schon eine kurze Zeit gedauert hat. Dem Anscheine nach ist dies gegen meine frühern Behauptungen; allein da ich bisher die Entladung der Hauptbatterie als eine ununterbrochene angenommen hatte, so konnte der aus den Beobachtungen gezogene Satz, dass die ganze Schlagweite sogleich im Anfange da ist, nur die Bedeutung haben, dass die Nebenbatterie schon zu der Zeit, wo die Ladung der Hauptbatterie noch voll ist, ihre ganze Stärke erlangt. Dies ist aber auch der Fall, wenn diese ganze Stärke während der ersten Partialentladung eintritt, indem deren ganzer Verlauf so zu sagen noch während der vollen Ladung der Hauptbatterie stattfindet. Nehmen wir Reihe 10, wo der Hauptdrath um 24′ verlängert ist, so ist in dem Momente, wo die Nebenbatterie ihre volle Ladung hat, bei einem gegen die Gleichheit ungefähr um 8′ zu kurzen Nebendrath die freie Elektricität der Hauptbatterie während ihrer Partialschwingung auf 16·0, d. i. 44·5—28·5, bei einem um 16′ zu kurzen auf 26·0, bei dem um 24′ zu kurzen auf 31·0 gesunken (nach Reihe 9 auf 34·0); nehmen wir Reihe 11, so ist bei unverändertem Hauptdrath die Intensität der Hauptbatterie für einen um 8′ zu kurzen Nebendrath auf 9·5 und für einen um 16′, 24′, 35′ zu kurzen auf 14·0, 21·0, 24·5 gesunken. Können zwar die Fälle mit ungleich langen Hauptdräthen nicht mit einander verglichen werden, so folgt doch aus beiden Reihen dasselbe Resultat, dass während der ersten Partialentladung der Hauptbatterie und offenbar ebenso während der folgenden nur in abnehmendem Grade die Nebenbatterie zu dem Maximum ihrer Ladung desto früher gelangt, je kürzer der Nebendrath im Verhältniss zum Hauptdrath ist. Sind darauf beide Schliessungsdräthe gleich lang, so tritt das Maximum der Nebenbatterieladung erst ein, wenn die Partialentladung der Hauptbatterie gerade ihre Mitte erreicht hat,

also wenn die innere Belegung der Hauptbatterie auf Null gekommen ist. Hier findet für gewöhnlich kein Funkenüberschlag Statt, welcher länger als 41·0 wäre; nur in dem Falle, dass die Nebenbatterie eine sehr starke Ladung erlangt, die offenbar einen Moment andauert, ehe die Ladung in Entladung übergeht, kann die wenn auch schwache positive Elektricität in der Hauptbatterie kurz vor Null noch auf die sehr starke negative Ladung der äussern Fläche oder umgekehrt diese auf jene in einem längern Funken als 41·0 überspringen. Ist endlich der Nebendrath länger als der Hauptdrath, so gehen die Funken auf die innere Belegung der Nebenbatterie. Sicher wird man die Erklärung zurückweisen, dass jetzt die innere Belegung negativ geladen werde, denn dann würde beim Übergang von zu kurzem auf zu langem also bei gleichem Nebendrath ein Übergang von positiver in negative Ladung, d. h. eine Null-Ladung eintreten, was den Beobachtungen über die Schlagweite völlig widerspricht. Der consequente Gang kann nur der sein, dass bei zu langem Nebendrathe das Maximum der Nebenbatterieladung erst nach der Vollendung der halben Partialentladung eintritt, also zu einem Momente, wo die innere Belegung der Hauptbatterie schon in den negativen Zustand übergegangen ist. So gibt dann bei dem unveränderten Hauptdrathe die Reihe 10 z. B. die Grösse der negativen Elektricität bei einem um 8′ zu langen Nebendrath zu 15·0, bei 16′ zu lang zu 21·5, bei 24′ zu lang zu 27·0 an, also wieder in der Weise, dass die volle Nebenbatterieladung desto später eintritt, je mehr der Nebendrath den Hauptdrath an Länge übertrifft. Die ähnlichen Überschläge bei der Gleichheit der Dräthe erklären sich daraus, dass die etwas andauernde starke Ladung der Nebenbatterie auch noch ein wenig über die Mitte der Partialentladung der Hauptbatterie übergreift.

Trägt man nach den oben mitgetheilten Beobachtungen an der Hauptbatterie kein Bedenken, jede Partialschwingung auf einen negativen Zustand der innern Belegung übergehen zu lassen, so dürfte die vorstehende Erklärung über die Ladung der Nebenbatterie allen Ansprüchen genügen. Wir finden, dass diese Ladung während jeder Partialströmung der Hauptbatterie wächst und wieder abnimmt, denn sonst müssten noch grössere Schlagweiten hervortreten; wir haben also von der einen Seite eintretende und austretende Partialladungen, wir haben aber auch von der andern Seite gleich vom Anfang der Entladung der Hauptbatterie an die volle und durchweg

gleichartig bleibende Strömung der Nebenbatterie. Etwas anders ist es dagegen mit der Beantwortung der Frage, warum die Nebenbatterie bald früher, bald später im Verlauf jeder Partialentladung der Hauptbatterie ihre volle Ladung erhält; da kann es freilich nicht genügen, dass der Hauptstrom allein in Anschlag kommt, sondern da müssen die Gliederungen auf den Dräthen zugleich in Betracht kommen. Allein ich wollte jetzt nur den elektrischen Zustand der Nebenbatterie untersuchen, ich schliesse also alle Erörterungen über die Vorgänge auf den Schliessungsdräthen aus, zumal auch desshalb, weil mir hierzu das erforderliche Material an Beobachtungen noch fehlt. — Da später bisweilen sehr lange Nebendräthe vorkommen werden, so gebe ich der Vergleichung wegen folgende Reihe, in der sich die Hauptbatterie bei 40·0 entlud.

Reihe 12. (*A*). Hptdr. 2½′ Ausl. 1½′ 24′ 2½′ = 31½′.
(4). Nbdr. 3′ 24′ 5′ = 32′.

Zusatz zum Nbdr.	$Ai - 4i$ a_0	$Ai - 4a$ i_0	$4i - 4a$ a_0	Zusatz zum Nbdr.	$Ai - 4i$ a_0	$Ai - 4a$ i_0	$4i - 4a$ a_0
0′	—	42·5	34·0	56′	46·0	—	10·0
8	41·5	—	33·0	90	43·0	—	6·0
16	47·5	—	28·0	125	41·0	—	=
24	49·5	—	24·0	160	—	—	=
40	48·0	—	15·5	200	—	—	=

Nach diesen Beobachtungen wandte ich mich zu der Untersuchung, wie zwei Nebenbatterieströme auf einander Funken geben. Als Apparat dienten die Sitzungsber. Bd. XXII, p. 342 beschriebenen in einem gläsernen Gestell liegenden drei Doppelspiralen. Die Hauptbatterie bestand aus (*A*) + (*B*); ihr Schliessungsdrath war 3′ Ausl. 1′, die innere mittlere Spirale, 5′; die Schlagweite des Ausladers betrug nur 37·0. Der in der äussern mittlern Spirale erregte Nebenstrom theilte sich gleichmässig in die beiden andern äussern Spiralen, und diese gaben durch die innern Spiralen die beiden Nebenbatterieströme. Nebenbatterie (1) + (4) oder kürzer bezeichnet 1, war mit der untern innern Spirale, Nebenbatterie (2) + (3) oder kürzer 2 war mit der obern innern Spirale verbunden; die vollständigen Nebendräthe will ich in der Tabelle so aufführen, dass zuerst die Dräthe stehen, welche von den Innenseiten zu den Spiralen *S* führten, hinten die anderen, welche zu den äussern Belegungen gingen.

Auch hier war jedesmal je eine der Belegungen ableitend verbunden, so dass ich, wo es an sich klar ist, welche Belegungen auf Null gebracht waren, dies nicht besonders bemerken werde. In den Funkenüberschlägen fanden ebenso wie vorhin vollständigere Entladungen Statt, wesshalb die Funken hell und deutlich waren.

Reihe 13.

Hptdr.	Nbdr. 1	Nbdr. 2	$1i - 1a$		$2i - 2a$		$1i - 2i$	$1i - 2a$	$1a - 2i$
			a_0	i_0	a_0	i_0			
1. Hptdr. + 0′	$3\frac{1}{2}$′ S 4′	$3\frac{1}{2}$′ S 4′	18·0	19·0	17·0	18·0	=	37·0	38·5
2. „ +18	$2\frac{1}{2}$ S 26	$3\frac{1}{2}$ S 25	14·0	16·0	15·5	17·0	=	33·5	33·0
3. „ +18	$26\frac{1}{2}$ S 2	$3\frac{1}{2}$ S 25	15·0	17·5	15·0	17·0	=	33·5	32·0
4. „ +18	$3\frac{1}{2}$ S 4	$3\frac{1}{2}$ S 4	12·0	12·0	12·5	13·0	=	27·5	27·0
5. „ + 0	$2\frac{1}{2}$ S 26	$3\frac{1}{2}$ S 25	9·5	11·0	9·0	11·0	=	23·5	23·0
6. „ + 0	$26\frac{1}{2}$ S 2	$3\frac{1}{2}$ S 25	10·0	11·0	9·0	11·0	=	25·0	22·5
7. „ +18	$50\frac{1}{2}$ S 2	$3\frac{1}{2}$ S 49	8·5	10·0	7·0	9·0	=	20·0	17·0
8. „ +18	$3\frac{1}{2}$ S 4	$3\frac{1}{2}$ S 49	9·0	10·5	11·0	14·0	16·5	13·0	13·0
9. „ +18	$3\frac{1}{2}$ S 4	$3\frac{1}{2}$ S 25	8·5	10·0	21·0	22·0	17·0	30·5	29·0
10. „ + 0	$3\frac{1}{2}$ S 4	$3\frac{1}{2}$ S 25	18·0	19·0	16·0	16·5	34·5	20·5	21·0

Diese Art von Beobachtungen bietet den schon oben erwähnten Ausnahmefall dar, dass die Schlagweite der Nebenbatterie sich etwas ändert, je nachdem die Innen- oder Aussenseite ableitend verbunden ist. Die Störungen kommen sicher daher, dass der erregende Strom sich theilt, und beide Theile nicht unabhängig von einander wirken. Die Störungen sind indess nicht der Art, dass sie eine Benutzung der beobachteten Zahlen ausschliessen, nur darf man keine zu genauen Werthe verlangen. In den drei ersten Zeilen sind die Nebendräthe nahe so lang als der Hauptdrath, doch ist einmal die Länge des letztern verschieden, und dann ist die Vertheilung des Nebendrathes auf die vordere und hintere Seite in 2 und 3 ungleich. Alle drei Zeilen geben dennoch dasselbe Resultat. Sind die Kugeln des Funkenmessers mit den inneren Belegungen verbunden, so erhält man keinen Funken (keinen über 0·1 Linie Schlagweite); verbindet man dagegen eine innere Belegung mit einer äusseren, so ist die Schlagweite gleich der Summe der beiden einzelnen Ladungen. Diese Thatsachen sind an sich klar. Beide innere Belegungen haben, wenn man die äusseren ableitend berührt, zu gleicher Zeit gleich starke positive Ladungen; wird dagegen die innere Belegung der einen Batterie und die äussere der andern ableitend verbunden, während

der Funkenmesser die anderen Belegungen einander nahe bringt, so vereinigt er die positive Ladung der einen mit der negativen der andern Belegung, und die Schlagweite muss die Summe beider Ladungen angeben. In Zeile 4 sind beide Nebendräthe gegen die Länge des Hauptdrathes nahe um gleich viel zu kurz, in Zeile 5, 6, 7 mit veränderter Anordnung nahe um gleich viel zu lang; die Erscheinungen sind wie in den drei ersten Zeilen und erklären sich auch auf dieselbe Weise. In Zeile 8 ist der Nebendrath von 1 gegen den Hauptdrath zu kurz, dagegen ist der Nebendrath 2 zu lang; bei den Verbindungen zwischen den Innenseiten und zwischen einer Innen- und Aussenseite kommen nur wenig von einander verschiedene Schlagweiten vor. In Zeile 9 hat der Nebendrath von 1 eine zu kurze, der von 2 eine dem Hauptdrath ziemlich gleiche Länge; die Verbindung von Innen- und Aussenseite gibt fast die Summe beider Ladungen, die Verbindung der beiden Innenseiten eine kleinere Zahl als die grössere Ladung allein. In Zeile 10 endlich ist der Nebendrath von 1 dem Hauptdrathe gleich, der Nebendrath von 2 dagegen ist zu lang; beide Innenseiten an einander gebracht geben einen Funken von fast der Summe beider Ladungen, Innen- mit Aussenseite verbunden eine Zahl, die etwas grösser ist als die stärkere Ladung in einer der beiden Nebenbatterien. Diese drei letzten Zeilen lassen uns den Gang der Ladung und Entladung oder den Gang der Molecularbewegung in der Nebenbatterie während jeder Partialentladung der Hauptbatterie erkennen. Ist der Nebendrath zu kurz, so entsteht schnell ansteigend die positive Ladung und geht während der übrigen Zeit der Partialentladung der Hauptbatterie langsam zurück; die Innenseite der Nebenbatterie gelangt dabei selbst bis zu einem schwach negativen Zustand, der sich während der Pause wieder ausgleicht. Bei einem dem Hauptdrathe gleich langen Nebendrath wächst die Ladung anfänglich langsam, dann schnell, und erlangt ihr Maximum zur Zeit der Mitte der Partialentladung; hierauf fällt sie schnell ab und führt die Innenseite der Nebenbatterie in einen negativen Zustand von nahe gleicher Intensität mit der vorigen positiven Ladung zurück; dieser negative Zustand wird dann langsam auf Null zurückkehren. Gibt man endlich der Nebenbatterie einen zu langen Schliessungsdrath, so steigt die positive Ladung anfänglich kaum merkbar an, ja durch die Einwirkung der andern Batterie möchte die Ladung selbst erst wieder schwach negativ werden können

(doch darüber später), dann tritt die volle positive Ladung gegen Ende der Partialentladung der Hauptbatterie hervor, und führt die Innenseite auch schnell in den negativen Zustand über, der sich nach und nach verliert. Wenden wir dies auf die beobachteten Zahlen an, so ist in Zeile 8 1 schnell positiv geladen, diese Ladung fällt langsam ab, und wird am Ende etwas negativ; 2 ladet sich langsam und die Ladung fällt dann schnell ins Negative herab. Bei der Verbindung der Innenseiten schlägt also die positive Ladung in 2 = 14·0 auf den schwach negativen Zustand (etwa — 2) der innern Belegung von 1 über; bei der Verbindung von Innen- und Aussenseite schlägt für $1i_0$ die positive Ladung in 2 = + 14·0 auf + 2 in 1 oder für $2i_0$ die äussere negative Ladung dieser Batterie = — 14·0 auf — 2 in 1. In Zeile 9 wird 1 eher als 2 geladen; bei der Verbindung beider Innenseiten schlägt + 22·0 in 2 auf etwa + 5 in 1 über; bei der andern Verbindung je nach $1i_0$ oder $2i_0$ entweder + 22·0 auf — 5 oder — 22·0 auf + 5. In Zeile 10 wird 1 eher geladen und die Innenseite tritt schnell in den negativen Zustand über; 2 dagegen ladet sich später und anfänglich langsam; somit schlägt, wenn beide innern Seiten verbunden werden, + 16·0 auf — 19·0 über; werden dagegen Innen- und Aussenseite zusammengebracht, so schlägt entweder + 19·0 auf — 2·0 in 2 oder — 19·0 auf + 2·0. Es bieten also diese Beobachtungen keine Schwierigkeit dar, und geben über den Verlauf der Ladung in der Nebenbatterie nähern Aufschluss [1]) — Was die Wärmeentwicklung betrifft, so habe ich früher Sitzungsber. Bd. XVIII, p. 143 und Bd. XXII, p. 331, die Wärme bei der gemeinsamen

---

[1]) Aus den hier übergangenen Reihen, in denen die Nebenbatterien auf beiden Seiten isolirt waren, die Verlängerungen und Versetzungen in den Nebendräthen aber gerade wie in Reihe 13 durch 24' bewirkt wurden, lässt sich über die Ladung einer Nebenbatterie, wenn man das Maximum auf 12 reducirt, ungefähr folgendes Schema entnehmen:

	Ladung der Nebenbatterie	
	Innens.	Aussens.
1. Nebendrath gleich Hauptdrath:		
a) Nebendrath vorn länger	+ 12	0
b) „ auf beiden Seiten gleich .	+ 9	— 3
c) „ hinten länger	+ 5	— 7
2. Nebendrath kürzer als Hauptdrath:		
Nebendrath auf beiden Seiten gleich . .	+ 13	+ 1
3. Nebendrath länger als Hauptdrath:		
a) Nebendrath vorn länger	+ 5	— 7
b) „ auf beiden Seiten gleich .	+ 1	—11
c) „ hinten länger	— 2	—14

Wirkung des Haupt- und Nebenbatteriestromes und zweier Nebenbatterieströme beobachtet. Der Strom einer Nebenbatterie, deren Schliessungsdrath gleich dem Hauptdrathe ist, hat auf den Hauptstrom keinen, wenigstens keinen entschieden hervortretenden Einfluss. Die Nebenbatterie ladet und entladet sich hier in den einzelnen Partialentladungen gleichmässig; demnach müssen solche gleichmässig schnellen Vor- und Rückschwingungen den Hauptstrom, der, während er Wärme erzeugt, immer nach derselben Richtung zu schwingt, in seiner Wärmewirkung nicht afficiren. Ein Nebenstrom, dessen Drath gegen den Hauptdrath zu kurz ist, gibt nach den Beobachtungen einen Strom, der seiner Wärmewirkung nach den Charakter eines von der innern Belegung ausgehenden oder eines positiven Stromes annimmt, er verstärkt einen gleich gerichteten Hauptstrom und schwächt den entgegengesetzt laufenden. Für diesen Fall haben wir aber vorher gefunden, dass jede partiale Ladung der Nebenbatterie in kürzerer Zeit erfolgt als die Entladung; somit waltet die letztere in ihrer Wirkung vor und erzeugt, falls die Ladung, wie wir bisher vorausgesetzt haben, eine positive ist, den beobachteten Charakter. Eine Nebenbatterie endlich, deren Schliessungsdrath zu lang ist, gibt umgekehrt einen Strom, der den Charakter eines negativen annimmt, er schwächt gleichgerichtet den Hauptstrom und verstärkt ihn, wenn er conträr läuft; vorher fanden wir, dass eine solche Batterie sich langsam ladet und schneller entladet, somit müssen hier die partialen Ladungsströme, die also ebenfalls Wärme entwickeln, den Ausschlag geben. Die gemeinsame Wirkung zweier Nebenbatterieströme bietet nach diesen Annahmen, die freilich die Entwicklung einer vollständigen Theorie von dem Ineinandergreifen der elektrischen Schwingungen noch erfordern, keine weitere Schwierigkeit in der Erklärung.

Da in dem Folgenden oft längere Dräthe und gegen einander unter sehr ungleichen Verhältnissen in den Nebenbatterien vorkommen, so hatte es Interesse diese Art von Versuchen noch zu erweitern. So entstanden die folgenden Reihen, in denen als Hauptbatterie nur das Flaschenpaar (*A*) diente. In der ersten Reihe war der Schliessungsdrath $2^1/_2{}'$, Ausl. (Schlagweite 40·5) 1′, mittlere innere Spirale 3′, in der andern war er um 20′ verlängert. Zu Nebenbatterien, die wiederum einzeln isolirt standen, wandte ich Flasche 4 oder (4) und Flasche 1 oder (1) an; die constanten Nebendräthe, ungefähr von

derselben Länge wie der Hauptdrath, waren für (4) : 2′, untere innere Spirale 2½′ und für (1) : 3½′, obere innere Spirale 1½′. In der ersten Reihe verlängerte ich beide Dräthe, so dass zwei Ströme beide mit zu langem Drathe in Untersuchung kamen; in der andern liess ich Ströme mit gleichem oder zu kurzem Drathe und Ströme mit eben solchen oder mit zu langem Drathe in Wechselwirkung treten. Je eine Belegung beider Nebenbatterien war stets ableitend verbunden.

Reihe 14. Hptdr. 2½′ Ausl. 1′ S. 3′.

Nbdr. 4.	Nbdr. 1	$4i-4a$		$1i-1a$		$4i-1i$	$4i-1a$
		a_0	i_0	a_0	i_0		
+ 0′	+ 0′	23·5	22·5	20·5	22·0	=	34·0
	+ 8	20·0	22·0	27·0	27·0	22·0	42·0
	+ 24	22·0	22·0	22·0	21·0	39·0	29·0
	+ 40	24·0	24·0	12·5	14·0	37·0	22·0
	+ 90	27·0	27·5	=	=	31·0	21·0
+ 16	+ 16	18·0	18·5	15·0	16·0	=	40·0
	+ 24	18·5	19·0	15·0	16·0	12·0	36·0
	+ 40	19·0	20·0	11·5	12·5	28·0	28·0
	+ 90	24·5	24·5	=	=	29·0	22·5
+ 24	+ 90	16·0	17·0	=	=	21·0	16·0

In dieser Reihe sind die Differenzen zwischen den Zahlen der ersten und zweiten Columne, ebenso der dritten und vierten Columne nicht bedeutend, und können füglich als zufällige angesehen werden. Die Zahlen unter $4i-1i$ entstehen durch Überschläge von (1) auf die sinkende Ladung in (4); die Zahlen unter $4i-1a$ durch Überschlag von (4) auf die wachsende negative Ladung der äussern Belegung von (1), da $1i$ ableitend verbunden ist. Nur die Zahlen mit Nbdr. 1 + 90′ machen Bedenken. Sind die innern Seiten beider Flaschen in Wechselwirkung, dann dürfte die bisherige Erklärung genügen, eben so auch noch für die Zahlen 22·5 und 16·0 unter $4i-1a$, da die Ladung in (1) sich so langsam bilden könnte, dass sie noch Null ist, wenn (4) bereits sein Maximum erreicht hat; die kleine Differenz 22·5 gegen 24·5 könnte Störungen zugeschrieben werden; allein bei Nbdr. 4 + 0 ist 21·0 gegen 27·0 doch zu klein. Ich bin nicht ganz sicher, ob hier nicht eine andere Erklärung zu wählen sei, die dann auch auf die andern ähnlichen Fälle zu übertragen wäre. Später werden wir nämlich finden, dass bei zweien mit einander in Zusammenhang stehenden Nebenbatterie-

strömen derjenige, dessen Ladung sich schnell steigert, in dem andern schwächeren die Ladung herabzieht und selbst bis ins Negative überführt, so dass diese Batterie eine kleine zwischen eintretende Schwingung vollendet. Da nun hier durch die Theilung des Stromes in die zwei äussern Spiralen auch ein Zusammenhang beider Nebenbatterieströme stattfindet, so dürfte vielleicht, während 4 *i* sich schnell positiv ladet, 1*i* schwanken und negativ werden; dann könnte für den Fall 4*i*—1*i* (4) auf die etwas negative Fläche in (1) schlagen und für den Fall 4*i*—1*a* ginge dem entsprechend der Funke von (4) auf die etwas positive äussere Belegung von (1) über. Ich werde nachher noch einmal hierauf zurück kommen.

Reihe 15. Hptdr. 2½′ Ausl. 1′ S. 23′.

Nbdr. 4.	Nbdr. 1	4*i* — 4*a*		1*i* — 1*a*		4*i* — 1*i*	4*i*—1*a*
		a_0	i_0	a_0	i_0		
+ 24′	+ 0′	26·5	26·5	7·0	9·0	20·0	32·5
	+ 8	25·5	27·0	8·0	12·5	17·0	36·5
	+ 16	27·0	27·5	10·0	15·5	15·0	34·0
	+ 24	25·5	25·5	15·0	18·0	7·0	39·5
+ 16	+ 0	20·0	23·0	8·0	12·0	10·0	31·5
	+ 8	22·5	25·0	9·5	13·5	8·0	30·5
	+ 16	20·5	22·5	17·0	18·0	=	38·5
	+ 24	17·0	19·0	21·0	22·5	8·0	40·0
	+ 40	13·0	19·0	22·5	28·0	26·5	30·0
	+ 90	16·5	21·5	=	8·0	23·0	11·5
+ 8	+ 0	17·5	20·0	8·0	10·5	6·0	26·0
	+ 8	17·0	19·0	13·5	15·0	=	32·5
	+ 16	13·0	17·0	20·0	21·5	8·0	35·5
	+ 40	11·0	15·5	22·5	27·5	23·0	34·0
	+ 90	12·0	17·0	=	9·0	18·0	9·0
+ 0	+ 40	6·5	11·0	22·0	28·0	21·5	32·0
	+ 90	6·0	10·5	=	9·0	12·0	7·5

In dieser Reihe ist es sehr auffallend, wie weit bisweilen die Zahlen der ersten und zweiten Columne, ebenso der dritten und vierten aus einander gehen; vornehmlich ist dies der Fall, wenn die eine Batterie einen gegen den Hauptdrath zu kurzen Schliessungsdrath hat. Noch lässt sich bemerken, dass die Ströme, wo der Nebendrath zu kurz ist, von denen, wo der Nebendrath zu lang ist, unterdrückt werden, während die letztern sich steigern; am deutlichsten ist es bei Nebendrath 4 + 8′ und Nebendrath 1 + 40′. Unter so störenden Einwirkungen ist es schwierig,

einige Zahlen der beiden letzten Columnen richtig zu deuten. Für die Columne 4*i*—1*i* schlägt bei Nebendr. 4 + 24′, der ungefähr eben so lang als der Hauptdrath ist, (4) auf die langsam sinkende Ladung in (1); bei Nbdr. 4 + 16′, der um 8′ etwa gegen den Hauptdrath zu kurz ist, schlägt bis Nbdr. 1 + 16′ ebenfalls (4) auf die fallende Ladung in (1), dann (1) auf die sinkende Ladung in (4); bei Nbdr. 4 + 8′, der um 16′ kürzer als der Hauptdrath ist, haben wir dieselben Verhältnisse, nur dass der Wechsel bei Nbdr. 1 + 8′ eintritt; bei Nbdr. 4 + 0 endlich schlägt (1) auf (4). Allein die drei Zahlen bei Nbdr. 1 + 90′ machen abermals Bedenken; die letzte 12·0 möchte durchgehen, aber 23·0 und 18·0 würden die Annahme bedingen, dass die innere Belegung von (4) stark negativ geworden sei, und zwar viel stärker, als man es sonst bei der langsam abfallenden Ladung einer mit zu kurzem Nebendrath versehenen Batterie bemerkt. Auch hier möchte ich glauben, dass die schnell aufsteigende Ladung in (4) durch ihren Strom die Ladung in (1) zum Rückgang bringt, so dass, wenn (4) sein Maximum erreicht, die innere Belegung von (1) in den negativen Zustand übergegangen ist. Auf andere Weise möchten sich auch die Zahlen 11·5 und 9·0 in der letzten Columne kaum herleiten lassen. Die übrigen Zahlen in dieser Columne (also Nbdr. 1 + 90′ ausgeschlossen) erklären sich dadurch, dass bei Nbdr. 4 + 24′, bei Nbdr. 4 + 16′ bis Nbdr. 1 + 16′, bei Nbdr. 4 + 8′ bis Nbdr. 1 + 8′ die Ladung in (4) auf (1) überspringt, und in den andern Zeilen dadurch, dass die negative Ladung auf 1*a* auf (4) übergeht.

Um für den Fall des um 90′ verlängerten Nebendrathes Klarheit zu gewinnen, und überhaupt auch um ganz sicher zu werden, dass die vorhandenen Störungen nicht etwa von einer zufällig fehlerhaften Aufstellung der Nebenbatterien abhingen, repetirte ich später die Reihen noch einmal und namentlich gerade diejenigen Verbindungen, wo die bedenklichen Zahlen am schärfsten sich ausprägen, also wenn der Drath von (4) etwas länger und etwas kürzer als der Hauptdrath ist. Die Flaschen 4 und 1 wurden hierzu mit der grössten Sorgfalt jede für sich isolirt aufgestellt und die Dräthe, welche die innern und die äussern Belegungen mit dem Funkenmesser verbinden, aufs zweckmässigste geleitet. Dies gab, als die Schlagweite des Ausladers etwas über 40·0 war.

Reihe 16. Hptdr. $2^1/_2'$ Ausl. $1'$ S. $3'$.
Nbdr. 4:11′ S. $1^1/_2'$. Nbdr. 1:$3^1/_2'$ S. $1^1/_2'$.

Zusatz in Nbdr. 1	$4i - 4a$		$1i - 1a$		$4i - 1i$	$4i - 1a$
	a_0	i_0	a_0	i_0		
8′	22·5	22·5	19·5	21·5	=	45·0
24	21·5	23·0	19·5	20·5	37·0	36·0
40	25·0	26·0	13·0	15·0	39·0	27·5
90	30·5	30·0	=	=	33·0	28·0
125	31·0	31·0	=	=	32·0	29·0

Reihe 17. Hptdr. $10^1/_2'$ Ausl. $1'$ S. $3'$.
Nbdr. 4:3′ S. $1^1/_2'$. Nbdr. 1:$3^1/_2'$ S. $1^1/_2'$.

Zusatz in Nbdr. 1	$4i - 4a$		$1i - 1a$		$4i - 1i$	$4i - 1a$
	a_0	i_0	a_0	i_0		
0′	20·0	20·5	16·0	18·5	=	39·0
8	14·0	16·0	27·0	28·0	14·0	41·0
24	13·0	16·0	26·0	29·5	27·5	35·5
40	15·0	17·0	16·0*	22·5	26·5	24·0
90	17·0	20·5	=	7·5	22·0	13·0
125	17·0	21·0	=	=	21·0	12·0

Wir finden also wieder dieselben Störungen. Bei der mit * versehenen Zahl 16·0 machte ich, da bisher die andere Batterie auf beiden Seiten isolirt geblieben war, zugleich $4a$ und dann $4i$ gleich Null, ohne jedoch dadurch eine Änderung herbeizuführen. Während die beiden letzten Beobachtungen in Reihe 16 sich wohl noch eben so wie die drei ersten deuten liessen, sind die Zahlen 13·0 und 12·0 in der letzten Columne von Reihe 17 wieder recht bedenklich und scheinen sich nur zu erklären, wenn die Ladung im Innern von (1) ins Negative zurückspringt, während (4) im Innern seine volle Ladung erhält; als wahre Schlagweite von (4) würde dann 17·0 gelten.

Ich gehe jetzt zu dem neuen Fall über, wo die Hauptbatterie (A) einfach, die Nebenbatterie dagegen aus (4) und (1) bestehend eine getheilte ist. Die Induction erfolgte mittelst der im Rahmen ausgespannten $24'$ und der Hauptdrath blieb constant = $2^1/_2'$ Ausl. $1^1/_2'$, die gespannten $24'$, $3^1/_2'$ = $32^1/_2'$; in der Nebenbatterie wurde der Zweig von (1) nach und nach verlängert, (4) dagegen hatte zuerst keinen, darauf einen Zweig von wechselnder Länge. Nach einigen nicht hinreichend genügenden Reihen fand ich, um

über die Ladung der Nebenbatterie während des Stromes soweit als nur möglich Auskunft zu erhalten, folgende Aufstellung der Nebenbatterie als die zweckmässigste. Die Flaschen 4 und 1 standen beide auf derselben isolirten Metallfläche, so dass ihre äussern Belegungen mit einander unmittelbar in leitender Verbindung waren. Von dieser Metallfläche ging 1′ Kpfdth. zu den gespannten 24′ und, wenn (4) keinen Zweig bekam, so führten von ihrer innern Belegung 2′, dann 20′, dann 36′ zu dem andern Ende der 24′, wodurch der Stamm = 28′ = 46′ = 62′ ward. Von der innern Belegung in (4) und ebenso von der Innenseite in (1) gingen Dräthe von je $3^1/_2$′ nach isolirten Quecksilbernäpfen, die als Zweig 1 durch nach und nach längern Drath verbunden wurden. Hatte (4) einen Zweig, so ging von dem Ende desselben statt von der innern Belegung aus ein Drath von $3^1/_2$′ Länge nach dem einen Quecksilbernapf. Diese Aufstellung machte es möglich, sowohl $4i$ und $1i$, als $4a$ oder $1a$ [1]) auf Null durch Ableitung zur äussern Belegung der Hauptbatterie zu bringen. Ich will sämmtliche Versuche, die ich mit der getheilten Nebenbatterie angestellt habe und bei denen (A) eine Ladung = 40·0 erhielt, auf einmal mittheilen.

Reihe 18. Hptdr. = $32^1/_2$′. Nbdr. Stamm = 28′. (4) ohne Zweig.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$		$1i-1a$		$4i-1i$	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$[1])	
	a_0	i_0	a_0	i_0	a_0	a_0	i_0	a_0	i_0	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	32·5	32·5				—				46·5	—
0′	18·5	18·0	22·5	22·5	=	—	—	41·0	—	—	—
8	16·0	15·5	23·0	23·5	6·0	—	—	43·0	—	—	—
16	11·0	11·0	23·5	24·0	11·0	—	—	47·5	42·5	—	—
24	10·0	10·0	22·0	22·5	18·0	—	—	47·0	44·0	—	—
40	12·5	12·5	21·5	21·0	30·0	—	—	50·0	59·5	41·5	—
56	16·0	16·0	18·0	18·0	34·0	—	—	46·0	64·5	43·0	—
90	21·0	21·5	13·5	13·5	39·5[2])	—	—	40·5	66·5	46·0	—
125	25·0	25·0	10·0	10·0	40·5	—	—	—	64·0	47·5	—
160	26·0	27·0	=	=	38·0	—	—	—	60·5	48·5	—

[1]) Da $4a$ und $1a$ mit einander metallisch verbunden sind, also sich in demselben elektrischen Zustand befinden, so werde ich beide mit demselben Zeichen a bezeichnen.

[2])

Zusatz in Zw. 1	$4i-1i$	
	$4i_0$	$1i_0$
90′	40·5	40·0
125	40·0	40·0
160	38·5	38·5

Reihe 19. Hptdr. = 32½′. Nbdr. Stamm = 46′. (4) ohne Zweig.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$ a_0	$1i-1a$ a_0	$4i-1i$ a_0	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$	
				a_0	$1i_0$	a_0	$4i_0$	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	31·0			46·0				—	
8′	8·5	12·0	=	42·0	—	44·0	—	—	—
24	=	14·0	10·5	—	—	47·0	44·5	—	—
40	8·0	16·5	19·5	—	—	49·5	56·0	—	—
56	16·0	16·0	32·0	—	—	46·5	62·5	43·5	—
90	27·5	13·5	41·5 [1])	—	—	—	60·0	44·0	—
125	30·5	11·5	43·5	—	—	—	53·5	—	—
160	32·5	9·0	42·5	—	43·0	—	47·0	—	—
200	32·0	6·0	39·0	—	45·0	—	—	—	—

Reihe 20. Hptdr. = 32½′. Nbdr. Stamm = 62′. (4) ohne Zweig.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$ a_0	$1i-1a$ a_0	$4i-1i$ a_0	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$	
				a_0	$1i_0$	a_0	$4i_0$	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	20·5			50·0				—	
8′	=	6·0	=	—	—	42·5	—	—	—
24	=	10·0	6·0	—	—	44·5	42·0	—	—
40	=	13·5	16·0	—	—	46·5	51·0	—	—
56	15·0	14·0	27·0	—	—	45·5	59·0	43·5	—
90	26·0	16·0	44·5	—	—	—	54·0	—	—
125	28·5	11·0	43·0	—	51·0	—	—	—	—
160	27·5	8·5	38·0	44·0	53·5	—	—	—	—
200	26·0	=	32·5	47·0	52·0	—	—	—	—

Reihe 21. Hptdr. = 32½′. Nbdr. Stamm = 26′. Zweig 4 = 10′.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$ a_0	$1i-1a$ a^0	$4i-1i$ a^0	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$	
				a_0	$1i_0$	a_0	$4i_0$	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	34·0			—				—	
0′	20·0	17·5	=	41·0	—	—	—	—	—
8	16·5	19·5	=	—	—	42·5	—	—	—
16	11·5	23·5	12·5	—	—	48·5	—	—	—
24	10·5	25·0	20·0	—	—	51·0	46·0	—	—
40	16·0	25·0	38·0	—	—	49·0	61·5	40·5	—
56	22·5	21·5	44·5	—	—	43·0	64·0	41·0	—
90	29·0	13·0	45·5	—	—	—	58·0	42·5	—
125	31·5	11·0	43·0	—	—	—	53·0	42·5	—
160	33·0	7·5	41·0	—	—	—	51·0	42·0	—
200	33·5	=	39·0	—	—	—	48·0	41·5	—

[1])

Zusatz in Zw. 1	$4i-1i$	
	$4i_0$	$1i_0$
90′	41·0	41·5
125	43·5	42·5
160	41·5	41·5

Reihe 22. Hptdr. = 32½'. Nbdr. Stamm = 26'. Zweig 4 = 20'.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$ a_0	$1i-1a$ a_0	$4i-1i$ a_0	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$	
				a_0	$1i_0$	a_0	$4i_0$	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	30·5			46·5				—	
0'	21·0	14·0	10·5	46·5	—	—	—	—	—
8	20·0	11·5	6·5	46·5	—	—	—	—	—
16	14·5	16·0	=	41·0	—	43·0	—	—	—
24	11·5	19·0	11·5	—	—	46·0	—	—	—
40	23·5	23·5	40·5	—	—	44·0	47·5	—	—
56	29·5	17·0	42·5	—	49·0	41·0	41·0	—	—
90	30·0	12·0	42·0	—	48·0	—	—	—	—
125	30·5	8·0	40·5	42·5	50·0	—	—	—	—
160	31·5	=	37·5	43·5	50·5	—	—	—	—
200	31·5	=	35·0	45·0	48·5	—	—	—	—

Reihe 23. Hptdr. = 32½'. Nbdr. Stamm = 26'. Zweig 4 = 36'.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$ a_0	$1i-1a$ a_0	$4i-1i$ a_0	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$	
				a_0	$1i_0$	a_0	$4i_0$	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	20·0			49·0				—	
0'	21·0	11·0	26·0	48·0	55·5	—	—	—	—
8	21·5	14·0	30·0	47·5	55·5	—	—	—	42·0
16	22·5	18·0	32·0	44·0	48·0	—	—	—	—
24	17·0	19·5	27·5	43·0	—	41·0	—	—	—
40	13·5	11·0	6·0	41·0	—	43·0	—	—	—
56	15·5	10·5	18·0	44·0	47·5	41·0	—	—	—
90	15·5	7·5	25·0	45·0	52·5	—	—	—	—
125	18·0	=	25·0	47·5	53·5	—	—	—	—
160	19·0	=	23·5	48·0	52·0	—	—	—	—
200	20·0	=	23·5	48·5	50·0	—	—	—	—

Reihe 24. Hptdr. = 32½'. Nbdr. Stamm = 26'. Zweig 4 = 44'.

Zusatz in Zw. 1	$4i-4a$ a_0	$1i-1a$ a_0	$4i-1i$ a_0	$Ai-4i$		$Ai-1i$		$Ai-a$	
				a_0	$1i_0$	a_0	$4i_0$	$4i_0$	$1i_0$
(1) offen	17·5			48·0				—	
0'	20·0	14·0	32·0	47·5	60·5	—	—	—	—
8	23·0	21·0	36·0	44·0	69·0	—	—	—	44·0
16	20·5	24·5	41·0	44·0	44·5	—	40·5	—	—
24	16·5	23·5	33·5	41·5	—	40·5	48·0	—	—
40	9·5	9·0	=	42·5	—	43·0	—	—	—
56	9·5	8·0	6·0	41·0	—	—	—	—	—
90	12·0	6·5	17·0	45·0	48·5	—	—	—	—
125	13·5	=	18·0	47·0	49·0	—	—	—	—
160	15·0	=	18·0	48·0	50·0	—	—	—	—
200	15·5	=	19·0	48·0	50·0	—	—	—	—

Über die Zeichen in den vorstehenden Tabellen bemerke ich noch, dass gerade wie früher bei den Überschlägen von *Ai* auf die Nebenbatterie dann, wenn kein Funke bei 40·5 erschien, wohl aber bei 40·0, der Stärke der Batterieladung, ein — eingetragen worden ist, und ebenso ein =, wenn der Funke keine Länge von wenigstens 0·1 Linie erreichte.

Die Zahlen in den beiden ersten Columnen geben zunächst die vollen Ladungen der beiden Nebenbatterietheile (4) und (1) an, somit also auch die davon abhängige Stärke des Stromes, der von ihnen ausgeht. Da es nach Reihe 18 keinen Unterschied macht, ob man die innere oder äussere Belegung ableitend verbindet, so habe ich in den folgenden Reihen nur die Werthe bei a_0 beobachtet. Diese Zahlen bieten zunächst ein Mittel dar, sie mit meinen frühern Thermometerbeobachtungen (Sitzb. Bd. XXVII, p. 207) zu vergleichen, wenn schon dort als Hauptbatterie $(A)+(B)$ und als Nebenbatterietheile F_1+F_4 und F_2+F_3 dienten, der Hauptdrath eine Länge von 35′ hatte, und endlich die Schliessungsdräthe Platindräthe enthielten, die jedenfalls einen geringen Einfluss ausüben. Eine solche Vergleichung wenn auch nur von sich annähernd entsprechenden Reihen wird sicher erspriesslich sein, da über den Gebrauch des Funkenmessers die Ansichten nicht durchgängig ganz klar zu sein scheinen. In der cit. Abh. pag. 243 und 244 leitete ich aus den Beobachtungen die beiden Resultate her, dass die kleinste Wärme im ersten Batterietheil, dessen Zweig constant aber kürzer als der Hauptdrath ist, hier in (4), an der Stelle eintritt, wo der Zweig des andern Batterietheiles, der verlängert wird, hier von Flasche 1, dem Hauptdrath an Länge gleich kommt, und dann, dass in beiden Batterietheilen (den Fall der gleich langen Zweige ausgeschlossen) gleiche Wärme entsteht, wenn beide Zweige zusammen die doppelte Länge des Hauptdrathes haben. Hier finden wir in den Reihen 18 bis 22 ebenfalls die kleinste Schlagweite in (4) bei einem Zusatz in Zweig 1 = 24′, also bei einer Länge von Zweig 1 = 31′, da der constante Theil 7′ beträgt. Die gleichen Schlagweiten in (4) und (1) sind in Reihe 18, 19, 20, abgesehen davon, dass sie sich sehr wenig verschieben, bei einem Zusatz von 56′ in Zweig 1, also richtig bei der Summe beider Zweige = 63′, da (4) keinen Zweig hat. Reihe 21 gibt die gleiche Wärme bei einem Zusatz von 40′ bis 56′, also bei der Summe der Zweige = 57′ bis 73′ und Reihe 22 bei einem

Zusatz von 40′, also bei der Summe der Zweige = 67′. Ausser dieser Übereinstimmung können wir noch das Verhältniss der Schlagweiten in (4) und (1) mit dem Verhältniss der Wärme in $F_1 + F_4$ und $F_2 + F_3$ vergleichen, da die Reihen 18 und 21 wenig auseinandergehen, es also nur einen geringen Unterschied macht, ob (4) einen kurzen oder gar keinen Zweig besitzt; nur bei Zusatz 0 werden die Verhältnisse dadurch am ungleichsten. Von meinen Thermometerbeobachtungen ist die Doppelreihe Nr. 41, p. 236 am nächsten mit Reihe 18 und 21 zu vergleichen; wir wollen also unter Berücksichtigung des Satzes, dass die Wärme im Quadrat der Stromstärke wächst, das Verhältniss der Stromstärken (der Schlagweiten) von (1) zu (4) oder $\frac{(1)}{(4)} = m$ mit $\sqrt{\frac{F_2 + F_3}{F_1 + F_4}} = m'$ zusammenstellen. Dies gibt:

Zusatz in (1) od. F_2+F_3	Reihe 18 m	Reihe 21 m	Nr. 41 m'	Nr. 41 m'
0′	0·87	1·25	0·95	0·95
8	1·18	1·48	1·30	1·38
16	2·02	2·15	1·70	1·90
24	2·38	2·22	2·19	2·28
32			2·05	2·14
40	1·56	1·70	1·48	1·50
56	0·95	1·12	0·83	0·80
90	0·45	0·63	0·47	0·43

Noch lässt sich Reihe 22 mit der Doppelreihe Nr. 43, p. 240 vergleichen.

Zusatz in (1) od. F_2+F_3	Reihe 22 m	Nr. 43 m'	Nr. 43 m'
0′	0·66	0·55	0·49
8	0·57	0·70	0·68
16	1·08	0·96	0·98
24	1·65	1·57	1·68
32		1·34	1·43
40	1·00	0·88	0·89
56	0·57	0·55	0·51
90	0·40	0·33	0·30

Berücksichtigt man die vielen kleinen Ungleichheiten in der Anordnung der Apparate, so wird man eine grössere Übereinstimmung

nicht erwarten, und den Gebrauch des Funkenmessers neben Thermometer-Beobachtungen gerechtfertigt finden. — Die Schlagweiten $4i - 1i$ bleiben übrigens nach den Anmerkungen zu Reihe 18 und 12 unverändert, wenn man a oder $4i$ oder $1i$ ableitend verbindet. Bei den Schlagweiten von Ai nach $4i$ und $1i$ macht es dagegen einen Unterschied, ob a oder $1i$, ebenso ob a oder $4i$ mit dem Erdboden in Verbindung steht. Stellt man nämlich eine im Innern positiv geladene Flasche isolirt auf, so ist die innere Belegung positiv, wenn die äussere, und umgekehrt die äussere gleich stark negativ, wenn die innere eine Ableitung hat. Stehen zwei Flaschen (4) und (1) auf derselben Metallfläche, und hat die erste in demselben Momente auf der innern Belegung E, während die andere daselbst E' hat (E und E' hier unentschieden ob positiv oder negativ, und die äussern Belegungen Null-elektrisch vorausgesetzt), so ist die freie Elektricität bei $4i_0$ auf $a = -E$ und auf $1i = E' - E$, ebenso bei $1i_0$ auf $a = -E'$ und auf $4i = E' - E'$. Die Schlagweite $4i - 1i$ ist demnach immer $= E' - E'$, mag a, $4i$ oder $1i =$ Null sein, denn man erhält sie in den drei Fällen $= E' - E = 0 - (E' - E) = E - E' - 0$, was einerlei ist, da bei der Schlagweite nicht das Zeichen sondern nur der Zahlenwerth der Differenz in Betracht kommt. — Die Schlagweite $Ai - 4i$ ist bei $a_0 = Ai - E$, dagegen bei $1i_0 = Ai - (E - E')$, also ungleich. $Ai - (E - E')$ ist dem Zahlenwerthe nach grösser oder kleiner als $Ai - E$, wenn E' gleiches oder ungleiches Zeichen mit $Ai - E$ hat, oder einfacher wenn E und E' entgegengesetzte oder gleiche Zeichen haben. Vergleicht man also die beiden Zahlen in Columne $Ai - 4i$, so wird nach den Beobachtungen gerade in dem Momente, wo der Funke überspringt, (1) im Innern um so viel entgegengesetzt elektrisch oder umgekehrt um so viel gleich elektrisch mit (4) im Innern sein, als die Zahl bei $1i_0$ grösser oder umgekehrt kleiner als die ihr entsprechende bei a_0 ist. Derselbe Fall ist es mit der Schlagweite $Ai - 1i$; in dem Momente, wo der Funke überspringt, ist $4i$ um so viel entgegengesetzt oder gleich elektrisch mit $1i$ als die Zahl unter $4i_0$ grösser oder kleiner als die zu ihr gehörige unter a_0 ist. Schlagen endlich Funken von Ai auf a über, so hat a bei $4i_0$ die entgegengesetzte Elektricität von $4i$ und bei $1i_0$ die entgegengesetzte von $1i$.

Nach diesen vorläufigen Erörterungen kann es nicht schwer sein, den Gang der Ladung in (4) und (1) im Allgemeinen zu verfolgen. In

Reihe 18, wo der Stamm des Nebendrathes etwas kürzer als der Hauptdrath ist, und Zweig 1 bald länger als derselbe wird, geht die Ladung von (4) so in die Höhe, dass sie ihr Maximum anfänglich etwa in der Mitte der Partialentladungen aus (*A*) erhält, dann von Zusatz 40′ in (1) an noch etwas früher; diese Ladung fällt schroff ab und das Innere von (4) geht in den negativen Zustand von gleicher Intensität über. Der Gang der Ladung in (1) ist anfänglich nur wenig von dem vorigen unterschieden, doch erreicht sie ihr Maximum etwas später; bei 16′ Zusatz beträgt dieses Zeitintervall schon so viel, dass (4) bis auf + 5 (47·5 — 42·5) herabgekommen ist; bei den grössern Zusätzen von 56′ an ist (4) bereits vollständig in den negativen Zustand übergetreten. Wenn am Ende der Reihe die Schlagweiten unter $4i - 1i$ und ebenso die Differenzen zwischen den Zahlen der beiden Spalten unter $Ai - 1i$ etwas zu gross werden, so liegt dies wohl in dem momentanen Auftreten der Elektricitäten, die dadurch gewissermassen stossweise wirken. — In der Reihe 19, in welcher der Stamm des Nebendrathes um 18′ verlängert ist, erreichen (4) und (1) das Maximum ihrer Ladung anfänglich etwas nach der Mitte der Partialentladung aus (*A*); dann tritt das Maximum in (4) wieder weiter nach vorn zurück und kommt bei 56′ und 90′ Zusatz vor die Mitte, gleichsam als wäre der Nebendrath von (4) kürzer als der Hauptdrath; später geht es wieder etwas hinter die Mitte hinaus. Die Ladung von (1) hat ihr Maximum immer nach der Mitte der Partialentladungen aus (*A*), allein wegen der Zahlen 43·0 und 45·0 unter $Ai - 4i$ muss diese Ladung gerade in dem Momente, wo (4) zum Maximum gelangt, etwas zurückspringen und die innere Belegung selbst in den negativen Zustand überführen; dann steigt sie schnell wieder auf, während (4) schroff ins Negative übergeht. Ähnlich ist der Verlauf in Reihe 20, wo der Nebendrath im Stamm um 34′ verlängert ist; selbst bei dieser Länge tritt noch bei 56′ Zusatz das Maximum der Ladung in (4) vor die Mitte der Partialentladung aus (*A*), nur geht es etwas früher wieder hinter die Mitte zurück. Auch hier macht (1), während die Ladung in (4) ihr Maximum erreicht, eine bis ins Negative zurückgehende Schwingung. — Der bemerkenswerthe Umstand, dass bei der vorliegenden Anordnung des Apparates (4) sich so ladet, als ob der Nebendrath dem Hauptdrathe an Länge nahe gleich wäre, begründet offenbar die starken Ladungen in (4) und demgemäss die von mir in der citirten Abhandlung pag. 245 unter

Nr. 49, 50, 51 besonders hervorgehobenen, so grossen Erwärmungen im Zweige des ersten Batterietheiles. Zu gleicher Zeit erklärt sich aus dem Ladungsgang in (4) und (1) die so auffallend niedrige Temperatur im Stamme des Nebendrathes sowohl an der Stelle, wo beide Batterietheile wieder gleiche Wärme erlangen, als auch weiterhin bei den grösseren Zusätzen in (1). Während nämlich von 56′ Zusatz an (4) und (1) anfänglich steigende Ladungen empfangen, also beide Ströme sich etwas verstärken, geht die Ladung von (1) plötzlich zurück, während sie in (4) am schnellsten steigt; dann fällt die Ladung in (4) schroff ab und umgekehrt steigt sie in (1); beide im Stamm vereinten Ströme heben sich also bei 56′ Zusatz in diesen Zeitintervallen ganz auf, und der Stamm kann somit nur die anfängliche Wärmeentwicklung und am Ende die von (1) zeigen, wenn anders die letztere durch eine schnellere Rückkehr des negativen Zustandes in (4) zur Null-Ladung nicht auch noch wenigstens theilweise aufgehoben wird. Je mehr die Ladung in (1) zur Zeit des Maximums in (4) zurückgeht, also vornehmlich in Reihe 20, desto geringer muss bei 56′ Zusatz die Wärme im Stamm gegen die in den Zweigen sein und desto mehr muss bei den grössern Zusätzen die Wärme im Zweig des ersten Batterietheiles gerade so wie die Wärme in einem Stamm gegen die Wärme im Zweig des zweiten Batterietheiles und im Stamm des Nebendrathes als in seinen Zweigen erscheinen. Man vergleiche hierzu in der citirten Abhandlung Nr. 41 mit Nr. 50, wo dies aufs deutlichste ausgeprägt ist.— Die Reihe 21, wo (4) einen Zweig von 10′ hat, weicht bis auf die Zeile bei 0 Zusatz, welche Ausnahme natürlich ist, nur sehr wenig von Reihe 18 ab, so dass sie einer besondern Erläuterung nicht bedarf. — In Reihe 22, wo Zweig 4 eine Länge von 20′ hat, geht die Ladung von (1) ebenfalls ganz ins Negative über, wenn (4) am stärksten positiv ist; dagegen ist es abweichend, dass die Ladung in (1) nicht mehr so bedeutend wie früher oder wenigstens nicht so schnell nach dieser Nebenschwingung aufsteigt; sie hat bei 40′ Zusatz ihr Maximum erreicht, wenn (4) auf — 3·5 (47·5 — 44·0), und bei 56′ Zusatz wenn (4) eben auf Null gekommen ist. Daher findet zwischen 4 *i* und 1*i* der Überschlag des Funkens nicht mehr von (1) auf die gesunkene Ladung in (4), sondern von (4) im Maximum auf den durch die Nebenschwingung erzeugten negativen Zustand in (1) Statt. Die Wärme im Stamm kann unter solchen Verhältnissen nicht mehr

so stark wie vorher sinken, weil die entgegengesetzten Ströme in (4) abwärts und in (1) aufwärts nicht mehr so entschieden in einander eingreifen. Vergl. die citirte Abhandlung p. 235 und p. 240, Nr. 41 und 43 mit einander. Noch mehr schwächt sich die Strömung in (1) ab und geht, wie es scheint, fast ganz mit der besprochenen Nebenschwingung zu Ende, wenn Zweig 4 länger als der Stamm ist; denn abgesehen davon, dass (1) und (4) nach dem Orte, wo beide Zweige gleich lang sind, nicht wieder zum zweiten Male eine gleiche Ladung erlangen, finden wir auch in (1) keine positive Ladung mehr, wenn (4) im Innern negativ geworden ist; beide Ladungen mögen nahe zu gleicher Zeit niedersinken, wesshalb die Wärme im Stamm noch weniger zurückgeht. Vergl. die citirte Abhandlung p. 245, Nr. 50 und 51. Die Zahlen in Reihe 23 vor 32′ Zusatz und in Reihe 24 vor 40′ Zusatz erklären sich nach den Reihen 21 und 22, indem (1) den kürzern Zweig hat. Wegen der Zahlen 42·0 und 44·0 unter $Ai-a$ bei $1i_0$ berücksichtige man Reihe 21 bei 24—40′ Zusatz, indem man (4) mit (1) vertauscht.

Ich habe noch einige Beobachtungen angestellt, wo die Hauptbatterie eine in (*A*) und (*B*) getheilte war, die Nebenbatterie dagegen nur aus Flasche 4 bestand. Die Resultate sind der Art, dass ich den Gang der Ladung bis jetzt noch nicht überall mit voller Sicherheit verfolgen kann. Der Stamm des Hauptdrathes bestand aus 2½′ Ausl. (der eine Schlagweite von 41·0 hatte) 1½′, den gespannten 24′ und 2½′ = 30½′, dann nach Einfügen von 18′ aus 48½′, wobei der constante Theil des Zweiges *B* 7′ war, und der Nebendrath hatte nach einander eine Länge von 30′, 48′ und 65′.

Reihe 25. Hptdr. Stamm = 30½′. Nbdr. = 30′.

Zusatz in Zw. B.	$4i-4a$ a_0	$Ai-4i$ a_0	$Ai-4a$ i_0	$Bi-4i$ a_0	$Bi-4a$ i_0	$Bi-Ba$ (4) geschl.	$Bi-Ai$ (4) geschl.	$Bi-Ai$ (4) offen.
(*B*) offen	34·5	—	46·0					
0′	29·5	—	58·0	—	61·0	—	=	=
8	26·5	—	57·0	—	65·0	—	12·0	11·5
24	21·5	—	42·0	—	66·0	45·0	27·0	26·0
40	14·5	—	—	—	69·0	49·0	41·0	41·5
56	16·0	—	—	—	70·0	49·0	48·0	55·0
90	21·0	—	—	60·0	71·0	48·0	53·5	69·0
125	23·0	—	—	69·5	65·0	47·0	59·5	72·0
160	25·5	—	—	72·0	56·0	46·0	53·5	74·0

Reihe 26. Hptdr. Stamm = 30 ½'. Nbdr. = 48'.

Zusatz in Zw. B.	$4i - 4a$ a_0	$Ai - 4i$ a_0	$Ai - 4a$ i_0	$Bi - 4i$ a_0	$Bi - 4a$ i_0
(*B*) offen	28·0	50·0	—		
0'	42·5	—	61·0	—	62·0
8	41·0	—	60·0	—	66·0
24	34·0	—	56·5	44·0	70·0
40	27·5	—	52·5	—	73·5
56	18·0	—	43·0	—	70·0
90	12·0	—	—	—	68·0
125	12·5	—	—	45·0	65·0
160	14·5	—	—	55·0	63·0

Reihe 27. Hptdr. Stamm = 30 ½'. Nbdr. = 65'.

Zusatz in Zw. B.	$4i - 4a$ a_0	$Ai - 4i$ a_0	$Ai - 4a$ i_0	$Bi - 4i$ a_0	$Bi - 4a$ i_0	$Bi - Ai$ (4) geschl.
(*B*) offen	19·0	48·5	—			
0'	44·5	48·0	45·0	51·0	45·0	=
8	44·5	44·5	49·5	48·0	49·5	8·0
24	41·0	—	52·5	48·0	59·5	24·0
40	33·5	—	55·5	47·5	65·0	40·0
56	25·0	—	52·0	44·5	67·0	49·0
90	14·0	—	—	—	65·5	56·5
125	8·0	—	—	—	59·0	64·5
160	9·0	—	—	43·0	57·0	67·0

Reihe 28. Hptdr. Stamm = 48 ½'. Nbdr. = 27'.

Zusatz in Zw. B.	$4i-4a$ a_0	$Ai-4i$ a_0	$Ai-4a$ i_0	$Bi-4i$ a_0	$Bi-4a$ i_0	$Bi - Ai$ (4) geschl.	$Bi-Ai$ (4) offen	$Bi - Ba$ (4) geschl.	$Bi-Ba$ (4) offen
(*B*) off.	18·0	—	54·0						
0'	16·5	—	55·0	—	58·0	=	=	—	—
8	13·5	—	52·0	—	60·0	6·5	7·0	—	42·0
24	11·5	—	52·0	—	54·0	14·0	12·5	—	—
40	10·5	—	44·0	—	61·0	26·5	24·5	48·0	49·5
56	13·0	—	—	44·0	67·0	32·0	36·0	50·5	53·5
90	18·0	—	44·0	59·0	65·5	44·5	52·0	54·5	57·5
125	18·0	—	42·5	68·0	59·0	52·0	62·0	55·5	57·5
160	16·5	—	42·5	74·0	51·5	57·0	67·0	55·0	56·5
200	15·5	—	42·5	70·5	56·5	64·5	71·0	52·0	52·0

Die Hauptschwierigkeit für die Erklärung liegt in den Schlagweiten $4i—4a$. Bei dem Zusatze *o* in Zweig *B* sieht man noch

deutlich, wie die Hauptbatterie eine einzige Batterie von zwei Flaschen repräsentirt, welche die eine Flasche 4 ladet. Da diese zur Gleichheit der Schliessungsdräthe einen Nebendrath von der doppelten Länge des Hauptdrathes fordert, so ist die Schlagweite in Reihe 27 am grössten, kleiner in Reihe 26, 25 und am kleinsten in Reihe 28. Diesem Verhältniss entsprechen die Funken von *Ai* und *Bi* nach 4*i* und 4*a* vollkommen. Dann treten (*A*) und (*B*) etwas aus einander, allein der Hauptdrath wird länger, und die Schlagweite in (4) sinkt. Darauf scheint die Ladung mehr und mehr von (*A*) allein abzuhängen; das Maximum tritt mehr nach der Mitte oder noch hinter die Mitte der Partialentladungen aus (*A*) zurück und scheint von dem aus (*B*) eintretenden Strome unterdrückt zu werden, da von dem Momente an, wo dieser eintritt, die Ladung ins Negative überschlagen dürfte. So erklärt es sich wahrscheinlich, warum die kleinste Ladung in (4) immer weiter auf die grösseren Zusätze in Zweig *B* zurückgeht, je länger der Nebendrath im Verhältniss zum Stamm oder dem Schliessungsdrath von (*A*) wird; denn, je länger er wird, desto später erfolgt das Maximum der Ladung, und kann somit noch später von dem eintretenden Strom aus (*B*) erfasst werden. Besonders schwierig ist es, über die am Ende der Reihen wieder wachsenden Ladungen in (4) klar zu werden, indem man darüber ungewiss sein kann, ob sie vom Strom (*A*) oder von (*B*) bewirkt werden. Gegen (*B*) spricht indess die Länge des Schliessungsdrathes in diesem Theile, und dann besonders die folgende Reihe, in welcher der Nebenbatteriestrom durch den Zweig *A* inducirt wurde. Es bestand nämlich Zweig *A* aus 3′, den gespannten 24′ und 1¼′, der constante Theil von Zweig *B* war 4¾′ und der mit dem Auslader beginnende Stamm hatte eine Länge von 20½′. Der Nebendrath 4, der die andern gespannten 24′ enthielt, war 46′ lang, entsprach also so ziemlich dem Schliessungsdrath *A*, wenn Zweig *B* offen blieb; die Verhältnisse waren demnach ungefähr wie in Reihe 25 gewählt, nur dass hier, wie bemerkt, der Zweig *A*, nicht der Stamm inducirte.

Reihe 29.

Zusatz in Zw. B.	$4i-4a$ a_0	$Ai-4i$ a_0	$Ai-4a$ i_0	$Bi-4i$ a_0	$Bi-4a$ i_0	$Bi-Ai$ (4) geschl.	$Bi-Ai$ (4) offen
(B) offen	31·5	—	50·5				
0′	33·5	44·5	68·5	—	50·5	34·0	39·0
8	33·5	44·0	68·0	—	50·5	27·5	33·5
16				—	48·5		
24	30·0	—	66·5	—	48·0	18·0	15·0
32				—	48·0	15·0	=
40	16·5	—	58·0	—	54·0	15·0	7·0
48				—	61·5		
56	13·5	—	—	—	67·0	26·5	31·5
90	18·0	—	—	64·0	71·0	46·5	61·0
125	24·0	—	—	73·0	69·0	59·0	71·0
160	26·5	—	—	73·5	65·5	67·0	77·0

Berücksichtigt man, dass in dieser Reihe Zweig A anfangs länger als Zweig B ist, und dass demnach bis etwa 32′ Zusatz andere Verhältnisse stattfinden, so hat die Reihe die grösste Ähnlichkeit mit Reihe 25. Hier kann aber (4) unmöglich von (B), sondern nur von (A) allein geladen werden. Halten wir dies als begründet fest, so werden wir annehmen müssen, dass wenn jede Partialentladung aus (A) so weit jeder Partialentladung aus (B) vorangeht, dass die Ladung in (4) erst hinter ihrem Maximum von dem Strom aus (B) ergriffen werden kann, dass dann die Ladung in (4) sich wiederum so steigert, als wenn Zweig (B) geöffnet wäre. Misslich bleiben nur die am Ende wieder etwas abnehmenden Zahlen in Reihe 28. — Die Schlagweiten, die von Ai ausgehen, bieten nichts Auffälliges dar; so lange die Theile der Hauptbatterie noch nahezu eine einzige Batterie bilden, also so lange der Nebendrath zu kurz oder dem Hauptdrathe nahe gleich ist, finden nur Überschläge nach $4a$ Statt; darauf, wenn (A) mehr allein wirkt, ist entweder die Zahl des Maximums der Ladung gering, oder es fällt um die Mitte der Partialentladung aus (A) ein, daher erscheinen weder nach $4i$ noch nach $4a$ Funken von einer Länge über 41·0. Nur in Reihe 28, wo der Nebendrath im Verhältniss zum Hauptdrath sehr kurz ist, tritt das Maximum der Ladung sehr zeitig und dabei stark genug ein, um Funkenüberschläge nach $4a$ zu geben. — Die Zahlen unter $Bi-4i$ und $Bi-4a$ erregen an einigen Stellen wieder Bedenken. Klar ist es, dass anfänglich, wo beide Batterietheile noch

nahezu wie eine Batterie wirken, nur Überschläge auf $4a$ beobachtet werden können, die nach und nach grösser werden, je später der Strom aus (B) eintritt oder je länger (B) seine volle Ladung bewahrt. Wirkt darauf (A) mehr allein und führt der eintretende Strom aus (B) die Ladung in (4) stark und schnell ins Negative zurück, so schlägt die positive Elektricität in Bi sowohl auf diesen negativen Zustand in (4), als auf die durch i_0 auf a übergeführte negative Ladung in einem längern Funken als 41·0 über. Sonderbar erscheinen nur die kleinen Zahlen 59·0, 51·5, 56·5 unter Bi—$4a$ in Reihe 28. Wenn nämlich Ai auf die negative Ladung in $4a$ in Funken = 42·5 überschlagen kann, d. h. zu einer Zeit überschlagen kann, wo die Elektricität in (A) nur 42·5—18·0, 42·5—16·5, 42·5—15·5 oder 24·0, 26·0, 27·0 ist, so sollte man meinen, dass die noch volle Ladung in (B), die nach Columne Bi—Ba=56·5, 55·5, 52·5 ist, in Funken von der Länge 56·5 + 18·0, 55·5 + 16·5, 52·5 + 15·5 oder von der Länge 73·5, 71·5 und 68·0 überschlagen müsste. Ich weiss hier keine andere Auskunft, als dass man annehme, die gesteigerte Ladung in (B) trete nicht augenblicklich, sondern nach und nach, und zwar erst voll in dem Momente auf, wo die Strömung aus (B) beginnt. Wäre dann zur Zeit, wo der Funkenüberschlag auf $4a$ erfolgt, der bald nach dem Anfange der Strömung aus (A) stattfindet, die Ladung in (B) noch nahe 41·0, so genügten für Bi—$4a$ die Zahlen 59·0, 57·5 und 56·5, womit zwei übereinstimmen. Die Abweichung 51·5 müsste aus einer derartigen Störung entstehen, welche früher bei der Entladung einer getheilten Hauptbatterie nachgewiesen wurde, und wie sie in dieser Reihe bei Zusatz 24′ vorkommt, wo die Ladung in (B) unter Bi—Ba (4) offen zurückgeht; freilich wird bei 160′ Zusatz keine solche Anomalie nachgewiesen. Wenn die Funken zwischen Bi und $4i$ bei den grössten Zusätzen sehr lang werden, so kann dies nicht auffallen, weil der negative Zustand in (4) mit dem Eintritt des Stromes aus (B) oder kurz nach demselben vorhanden ist, also dann, wenn (B) die grösste Intensität seiner Ladung erlangt hat. — Über die Columne Bi—Ai bemerke ich nur, dass es anfänglich keinen wesentlichen Unterschied macht, ob der Nebendrath geschlossen oder geöffnet ist: erst bei den längeren Zweigen B werden bei (4) geschlossen, die Schlagweiten merklich kleiner. — Merkwürdig ist es noch, dass in Reihe 29 die Schlagweite Ai—Bi, wenn Zweig B

einen Zusatz von 32′ hat, also dem Zweig *A* nahezu gleich ist [(*B*) ist an Capacität kleiner als (*A*)], nur bei geöffneter Nebenbatterie nicht aber bei geschlossener auf Null zurückgeht. Diese Erscheinung dürfte sich auf folgende Weise erklären. Jeder Nebenbatteriestrom hemmt nach bekannten früheren Beobachtungen den Hauptstrom, somit wird hier Strom (*A*) mehr als Strom (*B*) gehemmt; beginnen nun beide bei gleich langen Zweigen zu gleicher Zeit ihre Strömung, so eilt der von (*B*) etwas voran und der von (*A*) bleibt zurück; dies gibt an der Stelle, wo sie am weitesten aus einander kommen, eine Schlagweite von 15·0 oder etwas mehr, denn das Minimum dieser Schlagweiten dürfte erst vorhanden sein, wenn der Anfang der Strömung aus (*B*) schon etwas gegen den Anfang der Strömung aus (*A*) zurückgeht. — Das Resultat der ganzen Untersuchung möchte sein, dass die vorstehenden Reihen nichts so Auffälliges enthalten, dass es mit den aus den frühern einfachen Reihen gewonnenen Thatsachen gerade in Widerspruch stände; die Annahme einiger Störungen bei besondern Längen der Schliessungsdräthe könnte als Auskunftsmittel bei einzelnen Zahlen genügen.

Da diese sonderbaren Störungen nach den frühern Beobachtungen am häufigsten vorkommen, wenn der Stamm des Hauptdrathes sehr kurz ist, so will ich noch die folgende Reihe mittheilen, deren Verlauf so eigenthümlich ist, dass man den Ladungsgang in (4) nicht mehr mit Sicherheit verfolgen kann, und doch habe ich dieselbe Reihe fast unverändert erhalten, als ich die Induction nicht durch die 24′ in dem Rahmen, sondern durch die Doppelspiralen mittelst Übertragung durch einen Nebenstrom bewirkte. Zweig *A* und der constante Theil von Zweig *B* waren wie in der letzten Reihe, den Stamm des Hauptdrathes bildeten dagegen nur der Auslader und 1½′; der Nebendrath 4 hatte dem entsprechend eine Länge von 30′. Die Beobachtung, zu deren näherer Erklärung ich nichts hinzuzufügen wage, gab ausser den Schlagweiten *Bi—Ba*, die sich nirgends über 41·0 oder die ursprüngliche Ladung erhoben, folgende Zahlen.

Reihe 30.

Zusatz in Zw. B.	$4i - 4a$ a_0	$Ai - 4i$ a_0	$Ai - 4a$ i_0	$Bi - 4i$ a_0	$Bi - 4a$ i_0	$Bi - Ai$ (4) geschl.	$Bi - Ai$ (4) offen.
(B) offen	35·0	—	47·5				
0′	37·5	—	49·0	63·0	52·0	59·5	60·5
8	38·5	—	49·5	52·5	69·5	61·0	73·5
12				60·0	62·5	57·0	72·0
16				69·0	46·0	44·5	70·0
20				71·5	—	42·0	67·0
24	36·0	—	49·5	69·0	50·0	50·0	63·5
28				58·0	56·0	63·0	55·0
32				48·5	58·5	64·0	35·5
36				53·5	69·0	53·0	=
40	34·5	—	48·5	42·5	73·5	43·5	41·0
44				—	76·5	27·5	57·0
46						27·5	
48				—	77·0	27·5	64·0
52				46·0	76·0	45·0	71·0
56	35·0	—	45·5	53·5	75·0	52·0	73·0
90	34·5	—	45·0	70·0	69·0	70·0	77·0
125	35·0	—	45·5	68·5	65·0	65·0	79·5
160	35·0	—	46·0	76·0	58·0	59·0	81·0

Über die Bestandtheile des Meteorsteines von Kaba in Ungarn.

Von dem c. M. Prof. F. Wöhler in Göttingen.

Die Fragmente von dem am 15. April 1857 bei Kaba in Ungarn gefallenen Meteoriten, die mir zur Analyse dienten, verdanke ich der Güte des Vorstandes des k. k. Hof-Mineralien-Cabinetes zu Wien, Herrn Dr. Hörnes, der über das Phänomen des Falles und die äussere Beschaffenheit des Steines im XXXI. Bande der Sitzungsberichte der mathematisch - naturwissenschaftlichen Classe der kaiserl. Akademie eine nähere Beschreibung mitgetheilt hat. Seinem Wunsche, die Analyse vorzunehmen, entsprach ich um so lieber, als das in der That ganz ungewöhnliche Aussehen dieses Steines auf eine ungewöhnliche Zusammensetzung schliessen liess

Die mir übergebenen kleinen Fragmente waren ohne Rinde, hatten eine dunkelgraue Farbe und einen erdigen Bruch und waren leicht zerbrechlich und zerreiblich. In der erdigen grauen Grundmasse war hier und da ein weisses, und ein grünliches, ganz wie Olivin aussehendes Mineral zu bemerken. Die auch schon in mehreren anderen Meteorsteinen beobachteten sonderbaren leicht auslösbaren schwarzen Kügelchen waren in diesem Stein in ungewöhnlich grosser Anzahl enthalten. Sie waren sehr spröde, zeigten nach dem Zerdrücken unter dem Mikroskope im Innern einen leeren Raum und bestanden aus einem farblosen, sehr krystallinischen, und einem schwarzen Mineral. Die kleine, zu Gebote stehende Menge gestattete nicht, eine besondere Analyse davon zu machen. Von metallischen Theilchen war in diesen Fragmenten keine Spur zu entdecken; dennoch lenkten sie schwach die Magnetnadel ab, und aus dem Pulver liessen sich vermittelst des Magnetes sehr kleine Theilchen von metallischen Eisen ausziehen. Aus der oben erwähnten Beschreibung des ganzen Steines, wonach er auf der einen Seite viele glänzende Metallkörner enthält, ist daher zu schliessen, dass er sehr ungleich

gemengt sein muss. Das folgende analytische Resultat bezieht sich also nur auf den erdigen dunkelgrauen Theil dieses Steines. In 100 Theilen desselben wurden gefunden:

Kohle	0·58
Eisen	2·88
Nickel	1·37
Kupfer	0·01
Chromeisenstein	0·89
Magnetkies	3·55
Eisenoxydul	26·20
Magnesia	22·39
Thonerde	5·38
Kalk	0·66
Kali (und Natron?)	0·30
Manganoxydul	0·05
Kieselsäure	34·24
Kobalt, Phosphor, Unbekannte Materie	in unbestimmbarer Menge
	98·50

Dieser Stein enthält also die gewöhnlichen Bestandtheile der nicht metallischen Meteoriten, er ist ein Gemenge von einem durch Salzsäure leicht zersetzbaren Magnesia-Eisenoxydul-Silicat und von Silicaten, die durch diese Säure nicht zersetzt werden; er enthält ausserdem kobalt- und phosphorhaltiges Nickeleisen, Schwefeleisen, Chromeisenstein und als ungewöhnlichen Bestandtheil schwarze, amorphe Kohle. Was die unbekannte Materie betrifft, so will ich weiter unten noch einige Worte darüber sagen.

Es wurden zwei Analysen von dem Steine gemacht, die eine mit 2·827 Grm. durch Aufschliessung mit kohlensaurem Kali-Natron, die andere mit 3·008 Grm. durch Flusssäure. Die erstere gab den obigen Kieselsäuregehalt, die andere, bei welcher der Verlust als Kieselsäuregehalt genommen werden musste, gab gerade 1 Procent mehr.

Der Gehalt an metallischem Eisen konnte nicht direct bestimmt werden, sondern wurde nach der Menge des Nickels berechnet, mit der Annahme, dass der Stein das den Meteoriten gewöhnliche, in Salzsäure schwer lösliche Nickeleisen enthalte. Denn er entwickelt

mit dieser Säure kaum sichtbare Spuren von Wasserstoffgas. Die Säure löst aber selbst in der Kälte viel auf und diese Auflösung enthält dann viel Magnesia und Eisenoxydul. Es wurde daher der übrige Eisengehalt, mit Ausnahme des an Schwefel gebundenen, als Oxydul in Rechnung gebracht. Es wurden im Ganzen 34·57 Procent Eisenoxyd erhalten, der gefundene Schwefelgehalt betrug 1·42 Procent, entsprechend 3·55 Magnetkies. Dass der Stein diesen und nicht einfach Schwefeleisen enthalte, wird daraus wahrscheinlich, dass er mit Salzsäure erst in der Wärme deutlich Schwefelwasserstoff entwickelt und dass der Rückstand dann freien Schwefel enthält. — Kobalt und Phosphor waren mit Sicherheit nachzuweisen, ihre Mengen wären aber nur mit Anwendung von mehr Material zu bestimmen gewesen.

Der Kohlegehalt verräth sich zunächst dadurch, dass der schwarze Rückstand von der Auflösung des Steines in Salzsäure selbst nach langem Kochen mit Königswasser schwarz blieb, dass er sich aber nach dem Auswaschen und Trocknen an der Luft rasch zimmtbraun brennen liess, eine Eigenschaft, die auch der nicht mit Säure behandelte Stein hat. Zur quantitativen Bestimmung des Kohlenstoffes wurde eine abgewogene Menge des fein zerriebenen Steines in einem langsamen Strom von durch Kalihydrat sorgfältig gereinigtem Sauerstoffgas zum Glühen erhitzt, das Gas dann, zur Entfernung der gleichzeitig sich bildenden schwefligen Säure, durch ein Rohr mit Bleisuperoxyd und von da durch einen gewogenen Kaliapparat geleitet. Dieser bestand aus dem Liebig'schen Kugelrohr, gefällt mit Barytwasser, um die Bildung von kohlensaurem Baryt beobachten und diesen untersuchen zu können, und einem kleinen Rohr mit festem, feuchtem Kalihydrat. Das Steinpulver zeigte ein schwaches Glimmen und brannte sich rasch zimmtbraun, während im Barytwasser ein starker Niederschlag entstand, der sich als kohlensaurer Baryt erwies. 1·680 Gramm Stein gaben 0·036 Kohlensäure.

Der erste Versuch der Art misslang, weil die gleichzeitige Bildung von schwefliger Säure nicht vorausgesehen war. Aber bei beiden Versuchen erschien im Rohr jedesmal etwas Wasser, so sorgfältig auch das Pulver zuvor getrocknet war, und zugleich ein weisser Rauch, der sich zu einem weissen, deutlich krystallinischen Sublimat verdichtete, das sich von einer Stelle zur andern sublimiren liess. Es war nicht zu erkennen, was es war. Es erschien auch, neben dem gebildeten Wasser, als eine andere kleine Menge des Steines in

reinem Wasserstoffgas zum Glühen erhitzt wurde. Da sich das Sublimat in einem Tropfen Alkohol löste und nach dessen Verdunstung wieder krystallinisch zurückblieb, so wurde mit dem letzten Stückchen Stein noch der Versuch gemacht, die flüchtige Substanz durch sorgfältig gereinigten heissen Alkohol auszuziehen. Nach dem Verdunsten hinterliess dieser dann, freilich nur in sehr kleiner Menge, eine farblose, weiche, nicht deutlich krystallinische Substanz, die sich beim Erhitzen an der Luft in unbestimmt riechenden weissen Dämpfen verflüchtigte, und die, in das Ende eines kleinen Rohres gebracht und erhitzt, schmolz, sich theilweise deutlich verkohlte, theilweise sich ölförmig an der Wand des Rohres hinaufzog, ohne nachher beim Erkalten zu erstarren. Als das Rohr dann an einer Stelle zum Glühen erhitzt und der kleine Tropfen an die glühende Stelle getrieben wurde, zersetzte sich die Substanz unter Abscheidung schwarzer Kohle, während zugleich deutlich ein empyreumatischer Geruch zu bemerken war. Die zu diesen Versuchen angewandten Steinfragmente hatten ein zu frisches Ansehen und waren zu sorgfältig aufbewahrt, als dass man diese Erscheinungen einer zufällig hineingekommenen Verunreinigung zuschreiben könnte.

Es würde zu den interessantesten und wichtigsten Betrachtungen führen, wenn in einem Meteoriten das Vorkommen einer auf organische Materie deutenden Kohlenwasserstoff-Verbindung, mit der vielleicht auch der Kohlengehalt dieses Steines im Zusammenhang stehen könnte, mit Sicherheit nachzuweisen wäre. Schon Berzelius[1]) fand bei der Analyse des erdigen Meteoriten von Alais in Frankreich eine kohlenhaltige Materie und ein braunes Sublimat, von dem er sagt: „Dies ist ein mir gänzlich unbekannter Körper“, und noch zu der Annahme geneigt, dass die Meteorsteine von einem anderen Weltkörper herstammen, wirft er in Bezug auf die ungewöhnliche Beschaffenheit jenes Steines von Alais die Frage auf: „Enthält dieser erdige Stein wohl Humus oder Spuren von anderen organischen Verbindungen? Gibt dies möglicherweise einen Wink über die Gegenwart organischer Gebilde auf anderen Weltkörpern?“ — Mit dieser Vermuthung, dass Meteoriten eine durch Wärme zersetzbare

---

[1]) Poggendorff's Annalen. XXXIII. p. 114.

Verbindung enthalten könnten, steht das Feuerphänomen bei dem Herabfallen und ihre geschmolzene Rinde in keinem Widerspruch, wenn man als sehr wahrscheinlich annimmt, dass diese Körper nur ganz momentan einer ausserordentlich hohen Temperatur ausgesetzt gewesen sind, die nur die Oberfläche zu schmelzen, nicht aber die ganze Masse zu durchdringen vermochte.

Vorträge.

Der versteinerte Wald bei Cairo und einige andere Lager verkieselten Holzes in Ägypten.

Von dem w. M. Dr. F. Unger.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 21. October 1858.)

Nur sehr uneigentlich bezeichnet man mit dem Ausdrucke „versteinerter Wald“ eine Ablagerung verkieselten Holzes in der Wüste östlich von Cairo. Wenn auch die Ausdehnung dieses Lagers bedeutend, und die Menge des da vorkommenden Holzes nicht unbeträchtlich zu nennen ist, so gibt es doch auf der ganzen Erstreckung des versteinerten Waldes weder einen aufrecht stehenden Stamm, noch einen Baum, der mit seinen Ästen oder auch nur mit den Wurzeln erhalten wäre.

Kaum hat man in der besagten Richtung Cairo etwa eine Meile im Rücken, und die Wüste, welche diese Stadt im Osten begrenzt, betreten, so findet der aufmerksame Beobachter unter den Geschieben und Gesteinstrümmern, welche den vegetationslosen Boden bedecken, bald einzelne Stücke von dem versteinerten Holze. Diese anfänglich faustgrossen Trümmer werden bei der Entfernung von dem Ausgangspunkte immer zahlreicher und grösser, und so gelangt man endlich auf Stellen, wo die ganze Bedeckung der Wüstenoberfläche fast ausschliesslich aus grösseren oder kleineren Stücken desselben Holzes besteht. An diesen Orten, oder wenigstens nahe daran, wird endlich die Menge des Holzes so beträchtlich und die Trümmer so umfangreich, dass es gelingt, mehrere Fuss lange und beträchtlich dicke Stücke zu finden; dieselben liegen nicht selten über einander,

und würden sie nicht vom Wüstensand bedeckt sein, so möchte es nicht schwer werden, ganze Haufwerke solcher Trümmer zu bemerken. Damit hat man aber bereits das Revier des versteinerten Waldes selbst betreten, welcher sich jedoch durch noch viel grössere Massen jenes Holzes auszeichnet. Es sind Stämme von vielen Klaftern Länge und 1 bis 2 Fuss im Durchmesser, welche über den ebenen oder hügeligen Boden zerstreut daliegen, nicht selten von eben so grossen Stämmen in gleicher oder in anderer Richtung bedeckt. Keiner dieser Stämme besitzt einen Ast, keiner auch nur eine Spur von Wurzeln. Sie scheinen gleich überständigem Holze eines Urwaldes aus Stämmen zu bestehen, die einen Theil ihrer Äste durch Alter abgeworfen haben, und sowohl der Krone als des Wurzelstockes durch Vermorschung beraubt worden sind. Mag es auch manchem flüchtigen Beobachter gedünkt haben, dass solche Stämme noch ihre Rinde besässen, so kann ich dagegen versichern, dass bei sorgfältiger Durchmusterung vieler hundert Trümmer mir es niemals gelang, auch nur eine Spur eines Rinden-Körpers an diesen Stämmen wahrzunehmen, wie ich überhaupt noch nie eine Rinde an versteinertem Holze, selbst an übrigens wohl erhaltenen Stämmen, zu entdecken im Stande war. Auf solche Lager ganzer Stämme verkieselten Holzes stösst man, sowohl wenn man über Wadi el Mussa oder den sogenannten Mosesbrunnen hinaus in die Wüste sich verliert, als wenn man das dem ehemaligen Schurfe auf Braunkohlen naheliegende hügelige Terrain im Nordwesten von Wadi el Tih betritt. Trémeau *(Voyage dans le Soudan)* hat von einer Partie versteinerten Waldes eine gute Abbildung gegeben. Solche und ähnliche Stellen mögen wohl viele auf diesem und dem sich nach Osten in der Richtung von Suez fortziehenden Terrain vorkommen, jedoch durch den um solche Trümmerhaufen sich ansammelnden Wüstensand häufigen Veränderungen unterworfen, ja viele derselben vielleicht nunmehr gänzlich von demselben begraben worden sein.

Gehen wir etwas näher in eine Betrachtung dieses verkieselten Holzes ein, so fällt zunächst dessen Structur, die Oberfläche und Farbe auf. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Structur des Holzes porös, stellenweise ausgezeichnet faserig ist. Im ersteren Falle sieht dasselbe unstreitig wie angefressen aus, ganz so wie morsches, verrottetes Holz unserer Laubwälder. Ausgefaulte grössere oder kleinere Aststücke geben nach Umständen grössere oder kleinere Vertiefungen.

Ist die Verrottung noch nicht so weit fortgeschritten, so tritt die faserige Structur mehr hervor, wie solches auch gegenwärtig bei mehreren unserer Holzarten im Beginne der Vermorschung zu bemerken ist. Durch oberflächliche Untersuchung verleitet, hat man die oft sehr deutlich hervortretende Faserbildung für ein Kennzeichen der Palmenstructur angesehen, woran bei genauer Beobachtung nicht im Entferntesten gedacht werden kann. Alle Reisebeschreiber, die des versteinerten Waldes von Cairo Erwähnung thun, sprechen von verkieselten Palmenstämmen und selbst der sonst so genaue und verlässliche Gardner Wilkinson [1]) sagt unter der Aufschrift *„the petrified wood"*, nachdem er pag. 171 die Localität des versteinerten Waldes beschreibt: *„where besides thornbearing trees and palms are some jointed stems resembling bamboos, one of which is about 15 feet long, broken at each of the knots."* Natürlich ist hier weder an Palmen, noch weniger an Bambus zu denken, da von Knoten auch nicht im Mindesten irgendwo eine Spur vorkommt.

Besonders auffallend gestaltet sich die Oberfläche des versteinerten Holzes, dasselbe mag grosse Stücke oder kleine Trümmer bilden. In jedem Falle ist die Oberfläche selbst, eines ehedem unebenen Bruches, abgeglättet, glänzend und wie mit einem Firnisse überzogen. Macht man sich mit dem Hammer eine frische Bruchfläche, so ist dieselbe stets matt. Ich werde auf die Ursache dieser seltsamen Erscheinung noch zurückkommen.

Auch die Farbe des versteinerten Holzes bietet manches Eigenthümliche dar. In der Regel ist die Farbe dunkel rothbraun, auch wohl roth, seltener licht und nicht selten an einem fusslangen Stücke der Art wechselnd, dass alle Nüancen der einen und anderen Farbe stellenweise zum Vorschein kommen. Es kann dies wohl nur von der Beschaffenheit des Holzes abgeleitet werden, während es den Versteinerungsprocess einging und das gewiss verschiedene Grade der Auflösung und der dabei stattfindenden Farbenveränderung an sich trug.

Bevor ich in die mikroskopische Untersuchung des Holzes und dessen systematische Bestimmung eingehe, muss ich noch der merkwürdigen Thatsache erwähnen, dass alle grösseren Stämme des be-

[1]) Handbook for travellers in Egypt. 1848.

sagten Holzes nie ganz, sondern durch Querspalten in grössere oder kleinere Trümmer getrennt sind. Mr. Rochet d'Hericourt spricht [1]) von 18 Meter langen nicht in Stücke zerbrochenen Hölzern. St. John gibt ihre Länge zu 40—52 Fuss, Newbold [2]) zu 48—61 Fuss an. Stämme von 8 bis 10 Klafter (die längsten welche ich sah), waren der Quere nach in so viele Stücke zerspalten, dass die Mehrzahl derselben selten 1 bis 2 Fuss übertraf. Die einzelnen Stücke lagen jedoch häufig so nahe an einander und ihre unebenen Bruchflächen passten so genau zusammen, dass man sie nothwendig als Theile eines zusammengehörigen Ganzen ansehen musste. Selbstverständlich ist es, dass mit den Querspalten auch Theilungen der Länge nach, so wie nach anderen Richtungen vorkamen. Eben diesen vielfältigen Zerklüftungen der ganzen Stämme ist das enorm grosse Trümmerwerk zuzuschreiben, welches die Oberfläche der Wüste an manchen Stellen bedeckt und welches namentlich nördlich von Wadi el Tih, im Wadi Anseri, Asserak u. s. w. seine grösste Anhäufung zeigt. An der verschiedenen Glätte und Politur, welche einzelne Flächen eines Stückes vor den anderen auszeichnen, glaubte ich auch ein verschiedenes Alter der Trennung vermuthen zu dürfen, so dass, je abgeschliffener und glänzender eine Bruchfläche erschien, dieselbe eine um so längere Einwirkung äusserer Agentien und daher ein um so grösseres Alter zu haben schien.

Da dieses ausgedehnte Lager fossilen Holzes schon seit Langem bekannt ist, und Stücke desselben bereits in allen Mineraliensammlungen Europas Eingang fanden, so hatte ich schon seit geraumer Zeit Gelegenheit, mich mit der Anatomie dieses Holzes bekannt zu machen. In meiner *Chloris protogaea* p. LXXXIX gab ich zuerst eine Diagnose desselben und bezeichnete die Gattung der Pflanze mit dem Namen „Nicolia," um das Andenken an den englischen Optiker Nicol zu ehren, der zuerst durch Schleifen mikroskopische Präparate fossiler Holzarten auf die ausgezeichnetste Weise zu Stande brachte. Die

---

[1]) *Observations geologiques recuellies en Egypte etc. Bull. de la soc. géol. de france Sér. II, Tom. III (1846), 541—546.*

[2]) *On the geol. position of the silicified Wood of the Egyptian ant Lybian deserts with a description of the petrified Forest near Cairo. Quart. Journ. of the geol. soc.* Vol. IV. (1848), pag. 349

Species benannte ich nach dem Lande des Vorkommens mit dem Beinamen „*aegyptiaca*". Mit Ausnahme eines kleinen Querdurchschnittes, welcher l. c. Tab. 1, Fig. 7 beigefügt ist, fehlten bisher noch Abbildungen der anatomischen Verhältnisse. In meinen *Gen. et spec. pl. foss.* pag. 523 habe ich nur die oben gegebene Diagnose wiederholt.

Das erste mir zur Untersuchung in die Hände gekommene Exemplar mit der Bezeichnung „Asserak in Ägypten", rührt aus der Petrefactensammlung der Universität in München her, wo es als Palmenholz galt. Es trägt die Spuren starker Zerstörung in den Elementartheilen, doch liessen sich daran die wenig deutlichen Jahresringe und an den grossen Gefässen die sehr kleinen Tüpfel derselben hie und da nicht undeutlich wahrnehmen. Holzzellen und noch mehr die Zellen der Markstrahlen waren in einem Zustande grosser Zerstörung durch vorhergegangene Auflösung, so dass ihre Form kaum bestimmt werden konnte.

Ein zweites, nicht viel besser erhaltenes Exemplar wurde mir durch Herrn Grafen Piccolomini mitgetheilt. Wie bei dem ersten waren die weiten Spiralgefässe auch hier mit einer dunkeln von aussen eingedrungenen fremden Masse erfüllt, dagegen waren die Holzzellen besser erhalten.

Ein drittes Exemplar, aus unbekannter Hand über Triest erhalten, äusserlich zwar sehr porös und angefressen, innerlich aber bei weitem besser conservirt, liess sowohl die Holzzellen als die Markstrahlen und ihre Elemente auf das deutlichste wahrnehmen; weniger gut waren die Gefässe erhalten, die meist einfach, selten zu zweien und mehreren vereinigt erschienen. Dabei konnte man die Jahresringe des Holzes kaum wahrnehmen.

Aus allen diesen einzelnen Wahrnehmungen konnte folgende Diagnose von *Nicolia aegyptiaca* als massgebend aufgestellt werden.

Nicolia Ung.

Fig. 1, 2.

Ligni strata concentrica, inconspicua. Radii medullares uniformes, confertissimi, undulatim excensi, corpore tenui, humili e cellulis uni-triserialibus parenchymatosis, majoribus formato. Vasa porosa ampla (0·10‴) *impleta, rariora copiosioraque, aequabiliter disposita saepius per paria vel per pluria connata. Cellulae ligni prosenchymatosae angustissimae subpachytichae.*

Unger in Endl. *Gen. plant. Suppl.* 2 *pag.* 102, — in *Chlorid. prot. pag. LXXXIX.*, in *Gen. et Spec. plant. foss. pag.* 523.

Nicola aegyptiaca *Ung. l. c.*

Formatio tertiaria in pluribus locis propre Cairo Aegypti.

Die dieser Charakteristik hier beigegebenen Abbildungen Taf. I, Fig. 1 und 2 stellen die *Nicolia aegyptiaca* im Quer- und im Längenschnitte parallel der Rinde in hundertfacher Vergrösserung dar.

Auf dem Querschnitte Fig. 1 sind ein einzelnes und eine Gruppe von drei seitlich mit einander verbundenen Spiralgefässen ersichtlich. Dieselben haben ein ovales Lumen von $^1/_9$ bis $^1/_{10}$ Lin. im längeren Durchmesser, sind mit Zellen ausgefüllt, die man jedoch nur undeutlich wahrzunehmen im Stande ist. Den grössten Theil nehmen die Holzzellen ein, welche in regelmässigen Reihen geordnet sind. Sie sind sehr enge, ziemlich dünnwandige Röhren von beträchtlicher Länge mit zugespitzten Enden. Zwischen ihnen verlaufen die sehr zahlreichen Markstrahlen, deren parenchymatische Zellen bei weitem breiter sind und aus dünnen Wänden bestehen. Auf dem Querschnitte bilden sie einzelne das Holz durchsetzende Bänder aus einer, zwei und drei Reihen von Zellen zusammengesetzt. Meist sind sie mit einem schwärzlichen Inhalte erfüllt, der in der Zeichnung der Deutlichkeit halber weggelassen wurde. Indem sie den grossen Spiralgefässen an der Seite etwas ausweichen, erhalten sie einen wellenförmigen Verlauf. Auf dem diese Markstrahlenbänder senkrecht treffenden Schnitte, parallel der Rinde Fig. 2, sind dieselben nach ihrer Höhen- und Breitenausdehnung, ihrer Zusammensetzung aus Parenchymzellen und nach ihrer Vertheilung im Holzkörper deutlich zu übersehen. Sie bilden mehr oder minder hohe und breite, aus einer Reihe, häufig aus zwei und drei neben einander liegenden Reihen von Zellen zusammengesetzte Bänder, welche nur eine geringe Menge Prosenchymzellen des Holzes zwischen sich lassen.

Von ihnen umgeben sieht man zwei in der tangentialen Richtung mit einander verbundene Gefässe nach ihrer Längenerstreckung. Beider Grenzen lassen sich nicht leicht ausnehmen, dagegen treten die Füllzellen, womit ihr Inneres ausgefüllt ist, sehr deutlich hervor. Nur an einigen wenigen Stellen ist man zugleich im Stande die sehr fein getüpfelte Oberfläche wahrzunehmen.

Um die sich nun zunächst aufdrängende Frage über die Analogien dieser Holzstructur in der Flora der Gegenwart beantworten zu

können, musste die vergleichende Anatomie der Pflanzen grössere Fortschritte gemacht haben. Um daher nicht Zweifelhaftes und Unrichtiges mit dem sicher Beobachteten zu vermengen, müssen wir uns bescheiden, diesen Fragepunkt gänzlich ausser Acht zu lassen. Nicht blos die Gattungsverwandtschaft von *Nicolia*, sondern sogar die Familienähnlichkeit derselben muss vor der Hand noch unentschieden bleiben.

Mit derselben Unbestimmtheit spricht sich auch Rob. Brown, der dieses Holz bereits vor Jahren untersuchte, aus, und Will. Nicol, welcher eine Ähnlichkeit desselben mit Mahagony wahrzunehmen glaubte, hat dadurch sicherlich nicht mehr als eine ganz allgemeine Analogie ausdrücken wollen [1]).

Gehen wir nun zur Bestimmung der Formation über, welcher der versteinerte Wald von Cairo und somit dieses fossile Holz zukommt. Da das fossile Holz des versteinerten Waldes durchaus lose im Sande vorkommt, und sich in demselben Zustande über mehrere ganz verschiedene Gesteinsunterlagen verbreitet, so ist es sehr schwer zu entscheiden, welcher von den in der Umgebung von Cairo erscheinenden Gebirgsarten diese Einschlüsse ursprünglich zukommen. Es sind hier ein der Tertiärformation angehöriger Kalkstein, und ein an diesen grenzender quarzreicher Sandstein zu nennen. Russegger hält diesen letzteren für diluvial, somit viel späterer Entstehung als den in Ägypten sehr weit verbreiteten Nummuliten-Kalk. Schon von vorn herein, ohne nähere Untersuchung wird man die Lagerstätte des fossilen Holzes eher in diesem Sandsteine als im Kalke zu suchen geneigt sein. Dieser Sandstein bildet ein flachhügeliges Plateau, das sich nördlich vom Mokatam durch die Wüste bis Suez hinzieht und daher einen Theil des Isthmus ausmacht. Ob er nicht auch auf der Ostseite des Nils in der lybischen Wüste stellenweise auftritt, ist noch nicht ausgemacht, obgleich Russegger's geognostische Karte von Ägypten ihn da nicht angibt [2]). Dieser Sandstein ist aus fein und

---

[1]) *On the structure of some fossil woods found in the Island of Mull, northern Africa and on the Karoo Ground to the N. E. of the Cap of good Hope. Edinb. New. Phil. Journ.* Vol. XVIII, pag. 336.

[2]) Ich führe zu Belege dieser Vermuthung G. Wilkinson l. c. p. 171 an, wo er sagt: „*Other specimens of palms are met with on the Suez road; and the same kinds of agatized wood occur again inland on the other side of the Nile, on the borders of Wad Fargh evidently once imbedded in a similar stratum?*“ und noch mehr

grobkörnigem Quarzsand, aus Jaspis-, Hornstein-, Feuerstein und Chalcedon-Geschieben zusammengesetzt, wodurch er bald grobkörnig und einem Conglomerate ähnlich wird, bald dem feinkörnigsten Sandsteine gleichkommt. In allen Fällen ist das Bindemittel dieser Bestandtheile Quarz, und derselbe nimmt zuweilen einen so beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung des Gesteins, dass er an Masse die zusammengekitteten Theile übertrifft. Nicht selten gewinnt er ein glasiges Ansehen, vereiniget sich mit den Körnern und Geschieben, die er verbindet, so innig, dass die scharfen Umrisse derselben verschwinden. In diesem Falle sehen die Körner des Sandsteins wie zusammengebacken, wie gefrittet aus, manchen Sandsteinen nicht unähnlich, die anhaltend einem hohen Feuergrade ausgesetzt waren. Die Homogeneität solcher Gebilde tritt dann in einem solchen Grade hervor, das man endlich eine hornsteinartige Masse, mit flachmuscheligem Bruche und Glasglanz vor sich zu haben glaubt. Solche und ähnliche Varietäten des Sandsteines klingen wie Phonolit beim Zerschlagen und geben einen überaus guten Mühlstein. Alle Mühlsteine von Unterägypten sind aus diesem gefritteten Sandsteine gemacht. Verfolgt man diesen Sandstein, der am Gebel Achmar, einem ziemlich steilen Bergkegel in der Nähe Cairo's am rechten Nilufer, beginnt, und ununterbrochen bis Suez fortzieht, so kann man die mannigfaltigsten Abänderungen in Korn, Dichte, Farbe und der Beschaffenheit seiner Zusammensetzungstheile und ebenso die verschiedensten Producte seiner Verwitterung wahrnehmen. Während er z. B. am genannten rothen Berge (Gebel Achmar) dunkelroth gefärbt erscheint, feinkörnig und ausserordentlich dicht ist, erhält er weiter nach Osten zu stellenweise viel blassere Farben, wird weniger dicht und geht hie und da selbst in einen eisenschüssigen Thon über. An jener Stelle, welche der sogenannte versteinerte Wald einnimmt, ist er dermassen verwittert, dass er sich dem Blicke fast ganz entzieht und nur von den Verwitterungsproducten, dem Quarzsande, den Jaspis- und Hornsteingeschieben bedeckt ist. Unter diesen losen, von den Wüstenstürmen

---

sprechen dafür folgende Angaben. Sonnini fand schon im Jahre 1778 versteinertes Holz zwischen Honeze und den Natronseen; desgleichen wurde es auch in dem Bahr-bela-ma etwas nördlich von denselben entdeckt (*Savary's Letters on Egypte. Engl. Trans.* V. I, p. 14). Auch Hornemann, M. Boutin und Andere brachten aus diesen Gegenden versteinertes Holz, welches man für ganz übereinstimmend mit dem Holze des rechtseitigen Nilufers erklärte.

häufig hin und her getragenen Theilen sind nun auch jene oben näher beschriebenen Stämme und Trümmer fossilen Holzes eingebettet, und es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, dass jene Holztrümmer dereinst selbst einen Bestandtheil jener Sandsteinmassen ausmachten. Diese Vermuthung wird aber zur Gewissheit erhoben, wenn man auf die hornsteinartige Beschaffenheit des fossilen Holzes, die mit dem Bindemittel des Sandsteines dieselbe Natur hat, ferner auf die so häufig rothe Färbung des Holzes durch Eisenoxyd, welches gleichfalls einen so sehr in die Augen fallenden Charakter unseres Sandsteines ausmacht, reflectirt. Aber noch mehr als dieses zeigt der Umstand, dass zuweilen noch eine Rinde von Sandstein das fossile Holz umhüllt, das Zusammengehören beider, ja sogar die gleichzeitige Bildung beider. Wir können daher mit Sicherheit annehmen, dass die Holzstämme und Trümmer des sogenannten versteinerten Waldes, so gut wie der Sand und die Geschiebe einen Bestandtheil des rothen Sandsteines des Isthmus bildeten und sich gleich jenen stellenweise durch Verwitterung des Gesteines von demselben trennten. Ist es mir auch nicht wie Herrn Newbold gelungen an der gedachten Localität, das fossile Holz in Verbindung mit dem Sandsteine zu entdecken, so war ich doch so glücklich, dies an andern Stellen zu finden. Ganz vorzüglich sind die weiten und umfangreichen Steinbrüche am Gebel Achmar geeignet, uns über die ursprüngliche Lagerstätte des fossilen Holzes Aufschluss zu ertheilen. Man sieht nämlich in dem zur Gewinnung von Mühlsteinen am Gipfel dieses Berges eröffneten Lager nicht selten grössere und kleinere Trümmer verkieselten Holzes, jedoch niemals ganze Stämme, so fest in den gefritteten Sandstein eingewachsen, dass man es aus demselben mit dem Hammer keineswegs herauszuschlagen im Stande ist, ohne Theile des Sandsteines mitzunehmen. Auf den wahrscheinlich durch unendlich lange Zeit bearbeiteten Steinbrüchen kann man sich unter den haushoch angehäuften Trümmermassen der Abfälle hinreichende Suiten des versteinerten Holzes sammeln. Es versteht sich von selbst, dass dasselbe in Bezug auf seine innere Beschaffenheit so wie der Art nach vollkommen mit jenem des versteinerten Waldes übereinstimmt.

Ich habe früher des Umstandes erwähnt, dass das Holz des versteinerten Waldes zwar viele Klafter lange, aber keineswegs unverletzte Stämme darbiete. Da diese Stämme, als sie in den Sandstein eingebettet wurden, ohne Zweifel unzerbrochen und unver-

letzt waren, denn sonst müssten die Zerklüftungen derselben ebenso durch Sandstein ausgefüllt sein wie die Vertiefungen ihrer Oberfläche, so kann ihre Zertrümmerung nur später, und zwar entweder so lange sie noch vom Sandstein umschlossen waren, oder nachdem sie bei Verwitterung desselben frei wurden, erfolgt sein[1]). Im ersteren Falle könnte wohl keine andere Ursache der Zertrümmerung aufgefunden werden, als Bewegungen der Felsmasse in Folge von Erschütterung der Erdrinde, wobei natürlich der Sandstein, so wie seine organischen Einschlüsse denselben Grad der Zertrümmerung nothwendig erfahren mussten. Von einer Zertrümmerung des Sandsteins, der mit Holzstämmen zugleich betroffen wurde, gewahren wir jedoch nichts. Wir sehen im versteinerten Walde nur losen Sand und Kiesel aber durchaus keine Sandsteintrümmer, die eine Übereinstimmung mit den Trümmern des versteinerten Holzes zeigten; und gesetzt auch, die Sandsteintrümmer seien nunmehr zu ihren Constituenten verwittert, so wäre doch kaum begreiflich, wie sich nicht doch ein oder das andere Sandsteinstück unverändert erhalten hätte. Es ist daher viel wahrscheinlicher, die Zertrümmerung der verkieselten Holzstämme erst in jene Zeit zu versetzen, als dieselben lose und frei den Boden der Wüste bedeckten. Schon der vorher erwähnte Umstand, dass die Bruchflächen der Holztrümmer häufig eine ungleiche Beschaffenheit zeigen, weiset entfernt darauf hin, dass die Zertrümmerung derselben nicht mit einem Schlage, sondern nach und nach erfolgt sein müsse. Während eine Bruchfläche bereits Jahrzehende lang den Einwirkungen der Atmosphäre ausgesetzt war, hat eine andere Bruchfläche jene Wirkung in einer bei weitem kürzeren Zeitdauer erfahren und daher die ursprüngliche Beschaffenheit noch mehr als jene erhalten. An eine Zerklüftung durch Erdbeben, deren häufige Aufeinanderfolge als nothwendig angenommen werden müsste, ist hier um so weniger zu denken, als frei auf dem bewegten Boden liegende, selbst bedeutend schwere Massen nicht leicht zertrümmert werden können, gesetzt auch die Bewegungen würden stossweise und sehr heftig erfolgen. Bei viele hundert Centner schweren Baumstämmen liessen sich allenfalls wohl einzelne Querbrüche, allein keineswegs Spaltungen der Länge nach erklären, welche wir jedoch ebenso häufig als jene an unseren fossilen Baum-

[1]) Ich übergehe die hierüber ausgesprochenen mitunter seltsamen Meinungen mit Stillschweigen.

stämmen bemerken. Die Ursache der Zertrümmerung muss daher in einer andern Kraft gesucht werden. Eine so nebenher bei der Begehung des in Rede stehenden Wüstenterrains gemachte Beobachtung hat mir den Schlüssel zur Enträthselung jenes sonderbaren Phänomens gegeben. Beim Durchsuchen der Holztrümmer, um etwaige Verschiedenheit in der Art zu finden, war ich auch auf die Hornstein- und Japiskugeln aufmerksam geworden, welche untermischt mit jenen umherlagen und den Boden mit einer mehr als Fuss hohen Schichte bedeckten.

Es fiel mir auf, dass eine grosse Menge jener Geschiebe nicht ganz, sondern durch einen oder mehrere Anbrüche verletzt waren. Die Bruchflächen waren bald mehr bald minder matt, in einigen Fällen so, als ob sie erst kürzlich zu Stande gebracht worden wären. Wer sollte hier diese harten Steine zerschlagen haben? Einige Male gelang es mir die Bruchstücke einer und derselben Jaspiskugel noch neben einander liegend, ja sich noch berührend zu finden, ganz so wie viele Trümmer der verkieselten Baumstämme. Dass in diesem Falle der Bruch nicht durch eine von aussen auf den Körper wirkende Gewalt erfolgt ist, liegt auf der Hand, er muss also in der Masse desselben selbst erfolgt sein, und was liegt hier näher als grosse Unterschiede im raschen Temperaturwechsel als die Ursache der Trennung des Zusammenhanges, als Ursache der Entstehung von Haarspalten anzunehmen. Dass bedeutende Unterschiede der Temperatur rasch, ja selbst plötzlich in diesen Gegenden auf einander folgen, darüber haben Beobachtungen längst hinlängliche Belege an die Hand gegeben. Wenn die Temperatur der Luft in den Sommermonaten in der Regel 30° R. im Schatten übersteigt, so lässt sich bei unmittelbarer Einwirkung der Sommerstrahlen auf dunkle Gesteine der Wüste wohl eine Erwärmung derselben auf 40—50° R. annehmen. Fallen auf ein so stark erwärmtes Gestein nur einige Tropfen Regenwasser, wie das zuweilen geschieht, oder wirken nach einer kühlen Winternacht die brennenden Strahlen der Sonne auf die Oberseite eines so dichten Gesteines ein, so muss durch ungleiche Ausdehnung und Zusammenziehung auf dieselbe Weise eine Trennung des Zusammenhanges erfolgen, wie das bei Glas und Glasflüssen der Fall ist, die wir oft so zu sagen von selbst zerspringen sehen. Eine Reihe Beobachtungen mit solchem Wüstenkiesel unter verschiedenen Umständen angestellt, würde uns ohne weiters zeigen, welche der oben angegebenen Ursachen die Haupt-

rolle bei Zertrümmerung der Wüstensteine spielt. Für uns genügt es indess darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass die Zertrümmerung der Stämme des versteinerten Waldes in nichts anderm als in den fort und fort noch gegenwärtig thätigen Einflüssen der Temperatur zu suchen sei.

Es erübrigt uns nun noch das geologische Alter und die Entstehungsweise des mehr erwähnten rothen Sandsteines, von welchem das fossile Holz einen mehr zufälligen als wesentlichen Bestandtheil ausmacht, zu bestimmen. Wie bereits angegeben, hält Herr Russegger diesen Sandstein für sehr junger Entstehung, und gibt an, dass er den Nummulitenkalk, den er in einer grossen Ausdehnung begrenzt, überlagere, und dass er, obgleich sehr wenige, doch Versteinerungen von Meeresthieren einschliesse [1]). Ein gleiches wollen auch andere Beobachter (Lefévre und Newbold) gefunden haben.

Über die Lagerungsverhältnisse dieses Sandsteines gegenüber den tertiären Kalken kann ich nichts aus eigener Beobachtung angeben, dass er aber nicht Meeres- sondern Land- und Süsswasserconchylien obgleich sehr selten einschliesse, darüber geben meine Sammlungen Aufschluss. Diese so wie das häufig in diesem Sandsteine vorkommende verkieselte Holz selbst in jenen Varietäten dieses Gesteines, welche ein vollkommen gefrittetes Ansehen besitzen, lassen keinen Augenblick bezweifeln, dass wir es hier keineswegs mit einem durch Einwirkung von Hitze veränderten Gesteine mit keinem Schmelzungsproducte zu thun haben, sondern mit einer Felsart, die bei ihrer Bildung die organischen Einschlüsse nicht veränderte oder vernichtete, mit andern Worten: mit einem Gebilde durch Wasser vermittelt. Alle bisherigen Beobachter (Linant, Russegger, Rochet d'Hericourt, Newbold) sind sehr dafür gestimmt, im Gebel Achmar die wenn gleich nicht ganz mit einander übereinstimmenden Erscheinungen für vulcanisch zu erklären; anderseits finden sie es unstatthaft sich dem Gedanken hinzugeben, dass man es hier mit Concretionsgebilden der kieseligen Materie allein zu thun habe, noch weniger an ehemalige Einwirkung jetzt versiegter Thermen zu glauben. Wenn ich auch die Acten über die Natur dieses Sandsteines noch bei weitem nicht für spruchreif halte, scheint mir doch aus allen

---

[1]) Reisen in Europa, Asien und Afrika. Bd. I, 1, p. 273.

Beobachtungen hervorzugehen, dass an einen Vulcanismus im angenommenen Sinne hier um so weniger zu denken sei, als sämmtliche Erscheinungen der Beschaffenheit der in Rede stehenden Felsart so wie deren Lagerungsverhältnisse sich auf eine ganz andere und ungezwungenere Weise erklären lassen.

Folgt man zur Erklärung des geologischen Alters den organischen Einschlüssen, so haben wir hier zuerst eine Helix zu erwähnen, die nur als Steinkern erhalten, keine weitere Bestimmung zulässt, der Grösse nach aber unserer *Helix pomatia* nahe gekommen ist. Ein zweites Petrefact sah ich in der Sammlung des Herrn Pastor Lüders in Cairo; es ist eine Bivale, gleichfalls undeutlich und nur theilweise im Jaspis abgedrückt, vielleicht eine Cyclas. Diese beiden Petrefacte sind hinreichend, um diesen Sandstein für eine Süsswasserbildung zu erklären, dessen Alter, da auch das versteinerte Holz, das bisher anderswo noch nicht gefunden wurde, hierüber keine nähere Auskunft gibt, den tertiären Ablagerungen parallel oder doch nicht viel jünger angenommen werden muss. —

Fassen wir nun die einzelnen Thatsachen zusammen, so werden wir im Stande sein, uns von der Bildungsweise des versteinerten Waldes eine ziemlich detaillirte Vorstellung zu machen.

Zur Zeit nämlich als die tertiären Kalke in Ägypten abgelagert und ganz Unterägypten und ein Theil von Oberägypten über das Meeresniveau gehoben waren, wurden höchst wahrscheinlich durch ein das Festland durchströmendes Wasser vom nächsten bewaldeten Theile desselben eine grosse Menge überständiger, halbvermorschter Stämme in ein Süsswasserbecken geführt, das geschützt vom Meere sich von Cairo bis nach Suez ausdehnte. In dieses Becken hatte das Wasser nebst Schlamm auch Quarzsand und die Reste von zerstörten kieseligen Gesteinen geführt und in der Zeitfolge zu einer beträchtlichen Anhäufung angesammelt. In dieses Lager von losem Quarzsand, dem eine Ablagerung von Thon vorausging, wurden nun auch durch besondere Umstände ermöglicht jene Holzmassen geführt und durch darüber gelegten Sand eingebettet.

Die morsche Beschaffenheit des Holzes geht einestheils aus dem sehr zerstörten Gefüge und den sehr unkenntlich gewordenen Elementartheilen desselben, besonders aber aus dem Umstande hervor, dass dasselbe wie unser morsches Holz von Pilzfasern durchdrungen ist. Man vergleiche hierüber die in meiner *Chloris protogaea* p. 8, Tab. 1

Fig. 7, gegebene Beschreibung und Abbildung dieses Pilzes, welchen ich *Nyctomyces entoxylinus* genannt habe.

Vielleicht durch lange Zeit mögen die nach und nach in dieses Becken als Treibholz geführten Stämme daselbst aufgelöst und spurlos verschwunden sein. Später verhielt sich jedoch die Sache anders und sowohl der lose Sand und die Geschiebe als die Holztrümmer in demselben wurden durch den Ausbruch kieselsäurehaltiger Quellen in der Nähe dieses Beckens nicht blos auf eine eigenthümliche Weise verändert, sondern auch in dieser Veränderung erhalten. So wie die Kieselsäure die Quarzkörner und die Geschiebe von Jaspis, Hornstein u. s. w. zu einem festen Gestein verkittete, hat dieselbe im Wasser gelöst auch das Holzgefüge der Stämme und der Trümmer derselben imprägnirt und so in eine hornsteinartige Masse verwandelt. Beide Bildungen erfolgten gleichzeitig. Welche Umstände aber hiebei thätig waren, um dem zu Sandstein verkitteten Sande das gefrittete Ansehen zu ertheilen, werden jene besser anzugeben im Stande sein, welche die Chalcedon- und Hornsteinbildungen unserer gegenwärtig wirksamen kieselsäurehaltigen Thermen zu beobachten im Stande waren. Übrigens geht aus den röhrenförmigen Concretionen, die man in demselben Wüstensande mit dem verkieselten Holze findet, hervor, dass jene Kieselthermen häufig keineswegs das ganze Sandlager durchdrangen, sondern wie das Quellen noch heut zu Tage thun, nur in grossen oder kleinen Adern den Sand durchsetzten, und daher nur diesen zusammenbucken.

Die Trockenlegung dieses Beckens erfolgte erst nach Änderung des Flusslaufes nach Versiegung der Quellen u. s. w. vielleicht in einer sehr späten Zeit. Aber erst nach dieser Periode ging die Zertrümmerung der Holzstämme vollends vor sich, und kleinere Theile konnten nun wohl durch Winde und durch Regenbäche, wie sie dann und wann in der Wüste entstehen, über ein noch grösseres Feld verbreitet werden.

Der Verkieselungsprocess des Holzes setzt einen längern Aufenthalt desselben im Wasser, ein vollkommenes Durchdrungensein von demselben voraus. Dass dieses wirklich bei unserem fossilen Holze stattfand, geht aus der weichen Beschaffenheit der Oberfläche desselben sattsam hervor, wornach es möglich wurde, dass ohne Spuren von erlittener Quetschung die mit der Oberfläche in Berührung gekommenen Quarzkörner Eindrücke in dieselbe verursachten.

Endlich ist noch ein Umstand zu berücksichtigen, dessen Enträthselung nicht so leicht gelingen wird; ich meine den Umstand, dass alles fossile Holz des versteinerten Waldes und des ganzen Süsswasser-Sandsteines überhaupt durchaus nur einer und derselben Art angehört. Ich habe mir auf wiederholten Excursionen nach dem Walde und am Gebel Achmar viele Mühe gegeben, die verschiedensten Formen und Färbungen von diesen Holztrümmern zu sammeln, in der Hoffnung ein oder die andere Artverschiedenheit dabei zu finden. Ich habe auch früher schon eine ganze Kameelladung dieses versteinerten Holzes, welches Hr. Th. Kotschy sammelte, zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Ich kann wohl sagen, dass mir viele hundert Stücke dieses Holzes von Ägypten unter die Hände gekommen sind. Das Resultat aller mit der Loupe zur Genüge angestellten Untersuchungen ist, dass alles nur eine und dieselbe Species, nämlich *Nicolia ägyptiaca* ist. Sollte der Wald, von dem diese Stämme herkommen, in der That nur aus einer einzigen Baumart zusammengesetzt gewesen sein? Das ist schwer zu vermuthen, wenn man die Mannigfaltigkeit der subtropischen und tropischen Wälder unserer Weltperiode berücksichtiget. Ich glaube vielmehr annehmen zu dürfen, dass die Waldung, welche die *Nicolia* lieferte, auch andere Holzgewächse besass, und dass dieselben so gut wie jene durch die Fluthen weggespült wurden. Bei dem Umstande aber, dass das Holz verschiedener Bäume ein sehr ungleiches specifisches Gewicht und ein sehr ungleiches Vermögen vom Wasser durchdrungen zu werden und daher früher oder später zu Boden zu sinken besitzt, lässt vermuthen, dass nur leichtere und weniger schnell durchdringbare Hölzer sich für einen weiteren Transport im Wasser eignen. Können daher nicht alle übrigen gleichzeitig mit den Nicolia-Stämmen von dem Orte ihrer Entstehung fortgeschwemmten Hölzer weit früher zurückgeblieben sein, während jene das genannte Becken leicht und sicher erreichten, in welchem sie ihre fernere Erhaltung — ihre Unsterblichkeit fanden?

Ausser dem versteinerten Walde besitzt Ägypten mit Einschluss von Nubien auch noch an andern Orten und in andern geognostischen Formationen Sammlungen versteinerten Holzes.

Vere Monro fand in der nubischen Wüste ein ähnliches Lager von versteinertem Holze wie das bei Cairo. Die dort herrschenden Sandsteine und Conglomerate sind dunkelfärbig und erheben sich zu eigenthümlich gestalteten kegelförmigen Hügeln und Bergen. Eine diesem Sandsteine untergeordnete Breccie in der Nähe von Ipsambul enthält Fragmente von Holz, die nicht über einen Zoll lang sind [1]). Auf gleiche Weise spricht sich Lefévre über verkieselte Hölzer in Nubien aus, die in der Nähe des Brunnen der Bayoudeh-Wüste vorkommen und die er auf der Oberfläche jenes Sandsteines frei liegend fand [2]). *„En sortent d'Ambou-kol a l'E. on trouve un terrain de transport identique avec celui de l'Egypte composé en grand partie de galets de quarz de differents couleurs et de quelques fragments arrondis de roches feldspathiques et de grés; on y trouve en outre de bois dicotyledones silifiés"*.

Später hat auch St. John von der nubischen Wüste etwas südlich von Ipsambul versteinertes Holz gefunden und Mr. Holroyd sammelte dessgleichen bei Haagbarlak ungefähr 8 Meilen von Ambukol, wahrscheinlich an derselben Stelle, wo es Lefévre fand. Er sah jedoch einzelne Stämme von 51 Fuss Länge und 20 Zoll im Durchmesser und hielt sie für Palmenholz von *Crucifera thebaica*. Der Sandstein, der ihnen zur Unterlage diente, war grobkörnig und die Stämme selbst theilweise im Sand vergraben [3]). Aber auch zwischen Ambu-kol und El Hajie bei Abu Samud ja selbst in Abyssinien sind dergleichen verkieselte Hölzer gefunden worden.

Ausführlicher behandelt Russegger diesen Gegenstand in seinem Reisewerke und führt namentlich den Sandstein der Gegend von Assuan [4]) und von Korosco so wie die Kreide der Umgebung von Siut [5]) als Fundort versteinerten Holzes an. „Von letzterer sagt er" dieses versteinerte Holz findet sich in der Kreide der Umgebung von Siut in grosser Menge. Die Stämme erscheinen regellos durch einander geworfen und stets liegend. Der Periode der Umwandlung scheint eine

---

[1]) Edinburgh New Phil. Journ. Vol. XVIII, pag. 336.

[2]) *Lettre adressé a Mr. Cordier. Bulletin de la soc. géol. de france Tom. X (1839), pag. 144.*

[3]) *The quart. Journ. of the geolog. soc.* Vol. IV. (1848) pag. 349.

[4]) Reisen in Europa, Asien und Afrika. Bd. II, p. 276.

[5]) L. c. p. 306.

gewaltige Zerstörung vorangegangen zu sein. — Das ähnliche oder vielmehr gleiche Vorkommen solcher in eine kieselige Masse umgewandelten Dicotyledonenstämme in den Ablagerungen des Diluvialsandsteines von Ägypten ist wahrscheinlich nur ein secundäres. Die Reste ausgedehnter Dicotyledonenwälder gehören in jenem Lande ausschliesslich den Sandsteinen, die unter der Kreide liegen und dem Grün-, Quadersandsteine und dem Wealderthon parallel stehen dürften, der Kreide selbst und den auf ihr liegenden Ablagerungen des Nummuliten- und Grobkalkes, als primäre Einschlüsse an. Die Diluvialzeit scheint zerstörenden Einfluss auf die Oberfläche der älteren Felsgebilde ausgeübt zu haben. Die Kalkschalen und Kalkkerne der fossilen Meeresthiere verschwanden zum grossen Theile, die kieselige Masse der Dicotyledonenstämme aber widerstand, und sie wurden von dem aus dieser Periode als Resultat hervorgehenden Sandstein neuerdings umhüllt und eingeschlossen."

Diese Ansicht, welche alle fossile Hölzer des Meeresdiluvium von Ägypten (nach Russegger) aus älteren Formationen namentlich des Grünsandes oder Quadersandes so wie der Kreide ableitet, und jene im Sandsteine Unterägyptens nur auf secundärer Lagerstätte erscheinen lässt, setzt voraus, dass die auf der primären und secundären Lagerstätte vorkommenden Fossilien identisch sind. Ich werde aber im Nachstehenden das Gegentheil beweisen und zeigen, dass zwischen den Hölzern der ober- und unterägyptischen Sandsteine ein grosser Unterschied obwaltet, daher sowohl die einen, wie das bereits im Vorstehenden näher auseinander gesetzt wurde, als die andern auf ihrer primären Lagerstätte liegen, wo wir sie finden.

Herr Russegger hält den Sandstein Oberägyptens, in welchem jene Lager fossilen Holzes zumeist vorkommen und der sich in mächtiger Ausdehnung durch mehr als 10 Breitegrade bis zu den Grenzen von Kordofan und Sennaar verbreitet, dem deutscheu Quadersandstein entsprechend, somit für ein Glied der in Afrika ungemein weit um sich greifenden Kreideformation. Wenn ich diese Ansicht auch nicht geradezu zu widerlegen im Stande bin, so glaube ich eben durch die Betrachtung der Beschaffenheit der genannten vegetabilischen Einschlüsse dieselbe sehr zu erschüttern, und der Meinung mehr Eingang zu verschaffen, den genannten Sandstein für älter zu halten.

Bei dem Umstande, dass der in Rede stehende Sandstein so ganz und gar bar jedes organischen Restes ist, hat natürlich eine sorgfältige

auf Vergleichung gestützte Untersuchung einer Holzart so viel Bedeutung, dass man ohne wiederholte Prüfung eine jedenfalls sicherer als früher begründete Meinung nicht sogleich von der Hand weisen kann.

Meine eigenen Erfahrungen über das Vorkommen fossiler Hölzer in Oberägypten beschränken sich nur auf eine einzige Wahrnehmung. Als ich in der Gegend vom Um-Ombos widriger Winde wegen genöthigt war am linken Nilufer anzulegen und dort mehrere Stunden lang zu verweilen, liess ich die Gelegenheit nicht unbenützt vorübergehen, die beinahe bis zum Flusse gehende Wüste zu durchstreifen. Das Terrain gehörte der Sandsteinformation an, welche von Assuan bis Edfu und noch darüber hinaus bis nahe an Esneh anhält. In diesem Sandstein liegen bei Silsilis die berühmten Steinbrüche, welche das Material von so vielen Baudenkmälern Ägyptens, namentlich auch jener von Theben lieferten. Die Gegend ist ein Hügelmeer, dessen Thäler und Niederungen mit gelbem Sand ausgefüllt sind, indess ihre Gipfel als dunkle meist abgerundete Köpfe aus dem Sande hervorsehen. Diese letzteren sind durchaus mit schwärzlichen Geröllen von Quarz, Achat, Jaspis, Hornstein u. s. w. bedeckt. Unter den vielen Tausenden von Geschieben fand ich durch Zufall auch ein etwas weniger abgerundetes Stück gleichfalls von dunkler Farbe und ohne Bruchfläche, was auf ein längeres Verweilen desselben unter den losen Geschieben hindeutete. Bei näherer Betrachtung zeigten sich einige Unterschiede von den übrigen Gesteinen und die frische Bruchfläche liess es ausser Zweifel, dass dieses Stück ein fossiles Holz sei. Schon an Ort und Stelle liess selbst die einfache Loupe die Unterschiede dieses Holzes von dem Holze des versteinerten Waldes wahrnehmen, indem sich ersteres unbezweifelt als Nadelholz zu erkennen gab. Nach Europa heimgekehrt liess ich es mir bald angelegen sein, mikroskopische Präparate davon anzufertigen, wodurch ich in den Stand gesetzt wurde, mich von dem eigenthümlichen Baue dieser Holzart zu überzeugen und Abbildungen und Beschreibungen zu entwerfen. Die Vergleichung mit ähnlichen Holzarten meiner Sammlung hat mich überdies zu der Ansicht geführt, in diesem fossilen Holze von Ägypten eine bisher noch unbeschriebene Species zu erkennen.

Der Querschnitt (Fig. 3) lässt unbezweifelt erkennen, dass dieses Holz im Allgemeinen nur aus einer Art der Länge nach verlaufender Elementartheile, aus Prosenchymzellen oder nach der

früheren Ansicht, aus Gefässen zusammengesetzt ist. Obgleich eine Stratification derselben nach verschiedenen Grössen in Streifen kaum merkbar ist, so war es mir doch möglich solche Jahresringe in diesem Holze zu erkennen und ich habe, um das deutlich zu machen, eben einen solchen Theil in Fig. 3 abgebildet, welcher der Grenze zweier Jahresringe entspricht. Auffällig durch den röthlich gefärbten Inhalt sind gewisse Elementartheile, welche vermischt unter den Prosenchymzellen vorkommen. Sie sind nichts anderes als langgestreckte dünnwandige, mit Harz erfüllte Zellen.

Ein Schnitt parallel der Rinde belehrt uns über die Zusammensetzung, Grösse und Frequenz der Markstrahlen. Es ergibt sich hieraus, dass dieselben nur aus einer geringen Anzahl (1—6) über einander gestellten Prosenchymzellen zusammengesetzt sind, dass aber ihre Vertheilung zwischen den Prosenchymzellen auf eine grosse Menge in einem kleinen Raum hindeutet. Auch eine mit Harztropfen erfüllte Zelle lässt sich in ihrem Verlaufe auf diesem Bilde wahrnehmen. Endlich zeigt uns ein dem Radius paralleler Schnitt, Fig. 5, von welcher Beschaffenheit die Wand der Prosenchymzellen in dieser Richtung beschaffen ist. Während die Vorder- und Hinterseite dieser Elementartheile ohne alle Zeichnungen sind (Fig. 4), gewahren wir hier an den Seitenwänden die unverkennbarsten Spuren einer sehr zart ausgeführten Tüpflung. Da das Holz alle Spuren starker Zerstörung an sich trägt, so liess sich nicht erwarten, dass die bei Nadelhölzern hier vorkommenden Tüpfeln vollständig erhalten sind. In der That sind hier auch die meisten Zellwände ohne Zeichen einer Structur, nur an einzelnen Stellen gewahrt man hie und da Gruppen von Feldern und an anderen einzelne wohlerhaltene Tüpfeln. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die mit * bezeichneten Prosenchymzellen die regelmässigen Begrenzungsflächen der sich berührenden Tüpfel zeigen, während diese selbst durch Auflösung bereits verschwunden sind. Es ist dies jedoch genügend um zu entnehmen, dass die Zellwand mit mehreren Reihen kleiner sich unmittelbar berührender Tüpfeln versehen war. Die Markstrahlen sind bis auf wenige Lineamente verwischt, die harzführenden Zellen sind hier mit mehr flüssigem Harze erfüllt gewesen, als sie versteinert wurden.

Vergleicht man die so fort auseinandergesetzten Eigenthümlichkeiten dieses Holzes mit dem Gattungscharakter von Dadoxylon, so

geht hervor, dass dieses Holz nothwendig diesem Genus untergeordnet werden muss. Betreffs der Art aber, zeigt dasselbe so viel Eigenthümliches, dass keine der bereits bekannten Arten dieses Geschlechtes vollkommen auf unser fossiles Holz passt. In Anbetracht des Fundortes habe ich geglaubt, das Fossil mit dem Namen *Dadoxylon aegyptiacum* zu bezeichnen und folgende Charakteristik desselben zu geben.

Dadoxylon aegyptiacum Ung.

Fig. 3—5.

D. Ligni stratis concentricis inconspicuis, cellulis prosenchymatosis (vasis) magnis pachytichis, poris bi-triserialibus contiguis minimis, radiis medullaribus simplicibus e cellulis 1—6 superpositis formatis crebris, ductibus resiniferis simplicibus crebris.

Aus der Literatur dieses Gegenstandes, die mir erst in Europa einzusehen möglich wurde, habe ich entnommen, dass schon W. Nicol. Esq. das von Monro bei Ipsambul gesammelte Holz einer mikroskopischen Untersuchung unterwarf und bereits die Natur des Coniferen-Holzes darin erkannte [1]). Da er dasselbe jedoch ebenfalls sehr zerstört und für eine erschöpfende Durchforschung ungeeignet fand, so liess er es bei einem Querschnitte bewenden, welcher ihm natürlich kaum den Unterschied der Gattung *Pinus* von der Gattung *Araucaria* erkennen liess. Ich zweifle daher keinen Augenblick, dass das Holz von Ipsambul zu der oben beschriebenen Gattung gehört. Eben so ist es mehr als wahrscheinlich, dass das fossile Holz, dessen Herr Russegger aus der Gegend von Assuan erwähnt als zur selben Formation gehörig, die eben beschriebene Art ist. Durch den Reisegefährten des Herrn Russegger, Dr. Th. Kotschy, erfahre ich aber, dass die Expedition auch in Nubien, und zwar in der Wüste zwischen Korosco und Abu-Hamed grosse Quantitäten fossilen Holzes angetroffen und davon gesammelt hat. Da die Sammlungen jenes

---

[1]) *On the structure of some fossil Woods found in the Island of Mull, northern Africa, and on the Karoo Ground to the N. E. of the Cap of good Hope. Edinburgh New Phil. Journ.* Vol. XVIII, pag. 336.

ausgezeichneten Reisenden, die er in Ägypten und Syrien zu Stande brachte, nunmehr sich in der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien befinden, so habe ich mich bemüht von dem Holze von Korosco etwas aufzufinden und dasselbe einer mikroskopischen Untersuchung zu unterziehen. In der That gelang es in dem grossen Magazine einige von Herrn Russegger gesammelte Hölzer aufzufinden. Mehrere waren ohne Etiquetten und daher von jeder Untersuchung auszuschliessen; ein anderes hatte die ohne Zweifel dazu gehörige Bezeichnung „Kieselige Concretion des Keupers. Gebbel el Korosco in Nubien." Ein davon verfertigtes mikroskopisches Präparat wies die vollkommene Identität mit dem Holze von Um-Ombos aus. Auch der Zustand der Erhaltung dieser Holzart war jener des Holzes von obiger Localität gleich, so dass man wohl behaupten kann, sie gehören nicht nur einer und derselben Formation, sondern wahrscheinlich auch einem und demselben Processe der Zerstörung und Erhaltung an. Da uns aber die Vorkommensverhältnisse fast gänzlich unbekannt sind, ist es dermalen unmöglich über jene Vorgänge irgend eine Ansicht festzustellen. Dagegen sind wir jedoch im Stande, aus der Beschaffenheit der Holzart einige Schlüsse auf die Formation zu machen, in der dieselbe enthalten ist.

Wie bereits erwähnt, hält Russegger den Sandstein von Assuan und Nubien für Quadersandstein und stützt diese Ansicht sowohl auf die Beschaffenheit der Gesteinsart, die unserem Quadersandsteine in allen Punkten gleich kommt, als auf die Lagerungsverhältnisse, die einen Wechsel der untersten Kreideschichten mit den Schichten dieses Sandsteines zeigen sollte. Über letztern Punkt kann ich nichts sagen, da mir die Gelegenheit Erfahrungen zu sammeln bei ganz anderen Reisezwecken mangelte. Da jedoch die Gesteinsbeschaffenheit bei dem Mangel aller organischen Einschlüsse keinen Aufschluss über die Formation gibt, so sind wir in diesem Falle auf das diesem Sandsteine ohne Zweifel angehörige fossile Holz angewiesen. Nach der oben gegebenen näheren Erörterung gehört dasselbe bestimmt der Gattung *Dadoxylon* an. Dieses unseren Araucarien in Bezug auf Structur zunächst kommende Holz ist bisher nur in älteren Formationen, von dem Kohlenkalke und der Steinkohle angefangen bis zur Keuper-Formation gefunden worden. Wir kennen mehrere Arten, und eine davon, das *Dadoxylon Stigmolithus*, scheint eine ausserordentliche Verbreitung im Rothliegenden gefunden zu haben. Ich bin in

der angenehmen Lage zwei bisher noch unbekannte Formen von Dadoxylon, die eine aus dem Roth-, die andere aus dem Weiss-Liegenden hier vergleichungshalber anführen und näher beschreiben zu können.

Im vergangenen Jahre erhielt ich durch Herrn Dr. Rolle einige Stücke fossilen Holzes aus dem Rothliegenden von Erbstadt bei Bönstadt in der Wetterau. Sie waren Holzsteine von hellbräunlicher Farbe und von der Härte des Quarzes. Die davon verfertigten mikroskopischen Präparate zeigten ein Holz von ausgezeichneter Erhaltung bis in die kleinsten Elementartheile, dabei aber Zerreissungen, Quetschungen und Verschiebungen in einzelnen Theilen, wie man sie nur zu häufig bei verkieselten Hölzern antrifft. Von Jahresringen war keine Spur zu bemerken, eben so wenig von harzführenden Gängen, im übrigen war die Structur, wie sie der Gattung Dadoxylon zukommt, unverkennbar ausgesprochen. Ich nannte dieses Holz, den Auffinder und Geber in Erinnerung zu behalten, *Dadoxylon Rollèi*, und gebe davon folgende Diagnose und Abbildung.

Dadoxylon Rollèi Ung.

Fig. 6—8.

D. Ligni stratis concentricis plane obsoletis, cellulis prosenchymatosis (vasis) amplis subpachytichis poris cellularum bi-triserialibus stricte contiguis minimis, radiis medullaribus simplicibus vel partim e duabus seriebus compositis crebris, cellulis superpositis 2—40, ductibus resiniferis nullis.

In psamite rubro Rothliegendes dicto ad Erbstadt prope Bönstadt Wetteraviae.

Eine zweite Art von Dadoxylon, mir vor einiger Zeit von Herrn Reinh. Richter zugeschickt, eine Kalkversteinerung, bewährte sich bei genauerer Untersuchung gleichfalls als eine bisher unbekannte Art von Dadoxylon, die ich gleichfalls mit dem Namen des Finders bezeichnen will, und davon folgende Diagnose und Abbildung gebe.

Dadoxylon Richteri Ung.

Fig. 9—11.

D. Ligni stratis concentricis plane obsoletis, celulis prosenchymatosis (vasis) angustis pachytichis, poris uni-bi-v. triseria-

libus subcontignis minimis, radiis medullaribus simplicibus e cellulis 1—18 superpositis formatis.

In psamite albo Weisliegendes dicto.

In Bezug auf Verwandtschaft steht dieses fossile Holz dem *Dadoxylon stellare* am nächsten. Von *Dadoxylon cupreum* U. *(Araucarites cupreus* Göpp.*)* der permischen Formation Russlands unterscheidet sich sowohl diese als die vorhergehende Art merklich.

Wenn aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, dass unser *Dadoxylon aegyptiacum* seine nächsten Anverwandten im Roth- und Weissliegenden hat, und dass selbst im bunten Sandsteine und im Keuper mit Ausnahme von *Dadoxylon Keuperianum* Ung. bisher noch kein *Dadoxylon* gefunden wurde, so möchte ich wohl gerechten Zweifel in die richtige Bestimmung des älteren ägyptisch-nubischen Sandsteins setzen. Um meinen Zweifel über die Quadersandstein - Natur dieses Sandsteines zu unterstützen, erlaube ich mir hier auf ein ähnliches Fossil aus dem deutschen Quader hinzuweisen, welches zwar gleichfalls den Coniferen angehört, jedoch wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, einer ganz anderen Abtheilung derselben zugezählt werden muss. Ich habe dieses Fossil schon vor langer Zeit aus Amberg erhalten, und da es noch nicht gezeichnet und beschrieben wurde, so schlage ich vor, es mit dem Namen *Taxoxylon cretaceum* zu belegen.

Obwohl der Querschnitt dieses fossilen Holzes eine grosse Ähnlichkeit mit dem *Dadoxylon aegyptiacum* hat, so zeigt doch die Vergleichung der analogen Längenschnitte zu grosse Abweichungen, als dass sie nicht selbst schon dem Laien auffallen müssen. Der Charakter dieser Taxoxylonart lautet wie folgt:

Taxoxylon cretaceum Ung.

Fig. 12—14.

F. Ligni stratis concentricis vix distinguendis latis, cellulis prosenchymatosis poroso-spiralibus subaequalibus amplis pachytichis poris disciformibus minutis uniserialibus approximatis, radiis medullaribus simplicibus e cellulis 1—20 superpositis formatis, ductibus resiniferis nullis:

In arenaceo quadrato ad Amberg Germaniae.

Soll ich demnach meine Meinung über die Natur des in Frage gestellten ägyptisch-nubischen Sandsteins in wenig Worten zusammenfassen, so möchte ich für viel wahrscheinlicher halten, dass dieser Sandstein, wenn gleich die nähere Parallelstellung noch nicht anzugeben ist, der permischen Formation angehöre, als dass er als ein Glied der Trias oder der Kreide-Formation angesehen werden könne.

Dieses ist aber auch, wie ich aus einer Arbeit von Nasq. Esq.[1]) ersehe, die Ansicht dieses englischen Geologen, der Ägypten vorzüglich in dessen östlichen, wüsten Theilen bereiste. Indem er darauf aufmerksam macht, dass der fragliche Sandstein einen verhältnissmässigen Reichthum an Quellen besonders salzhältigen Wassers besitzt, ist er geneigt, denselben für ein Äquivalent des „New red or saliniferous sandstone" zu erklären.

Erklärung der Abbildungen.

Dieselben sind durchaus in 100facher Vergrösserung mit dem Sömmering'schen Spiegel gezeichnet.

TAFEL I.

Fig. 1. Querschnitt des Holzes von *Nicolia aegyptiaca* U. Man gewahrt mehrere durchschnittene Spiralgefässe *c*, mit ihren undeutlichen Füllzellen.
a, *a*, *a* Holzzellen.
b, *b*, *b* Markstrahlen.

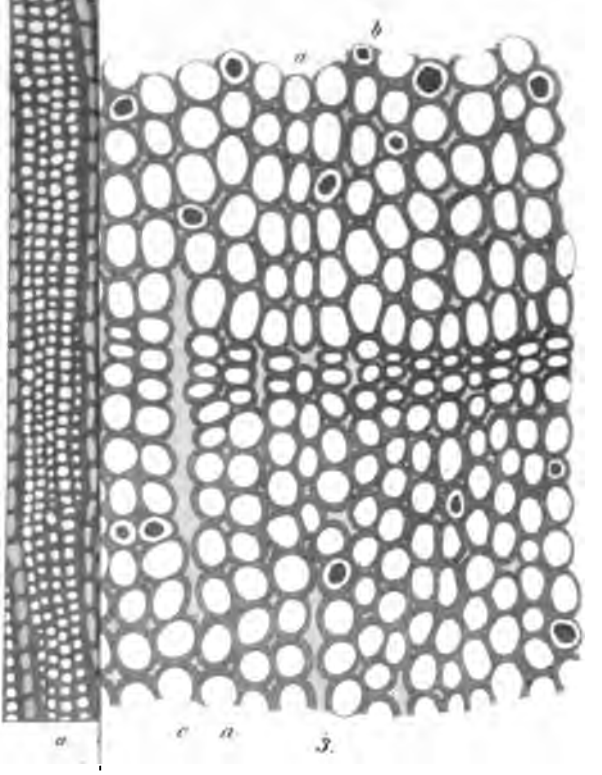
„ 2. Längenschnitt derselben Pflanze parallel der Rinde. Bezeichnung wie früher. Die Spiralgefässe sind zu zweien vereint und nur durch ihre Füllzellen auffallend.

„ 3. Querschnitt des Holzes von *Dadoxylon aegyptiacum* U. mit einem nicht undeutlichen Jahresringe.
a Holzzellen.
b Harzgänge.
c Markstrahl.

„ 4. Längenschnitt derselben Pflanze parallel der Rinde.

---

[1]) *On the geology of Egypt and the Valley of Cosseir. Edin. New. phil. Journ.* Vol. XXII (1837), pag. 40.


b
a
a
c
a
3.

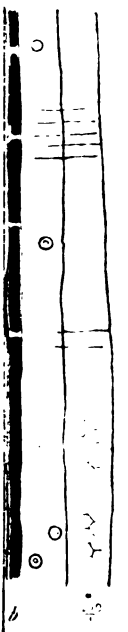

b

Fig. 5. Zellenschicht des Ösophagus mit der dazwischen und darunter liegenden *Membrana propria*.

„ 6. *a* u. *b* Stacheln im Ösophagus, sehr stark vergrössert.

„ 7. Zwei wellenförmige Linien mit den darauf sitzenden Stacheln.

„ 8. Durchschnitt eines Zahnes vom Kaumagen, nachdem die Chitinhülle abgelöst worden ist.
a Ringsmuskel,
b Radialmuskel,
c Längenmuskel, die sich an den Zahn inseriren,
d „ „ „ „ die Tasche inseriren,
e Zellenschicht.

„ 9. Durchschnitt des Chylusmagens.
a Muskelschicht,
b *Membrana propria*,
c Drüsen,
d Cylinderepithel,
e Stäbchen.

„ 10. Eine isolirte Zelle aus dem Cylinderepithel des Chylusmagens.

„ 11. Ein sich theilender Ausführungsgang einer Speicheldrüse mit mehreren Acinis.
a *Membrana propria* } des Ausführungsganges,
b Epithelium }
c Chitinmembran,
d *Membrana propria* } der Acini.
e Zellen }

„ 12. Malpighisches Gefäss.

„ 13. Klappe zwischen Dünn- und Dickdarm.
a Klappenzipfel,
b eigentliche Klappe.

Fig. 1.

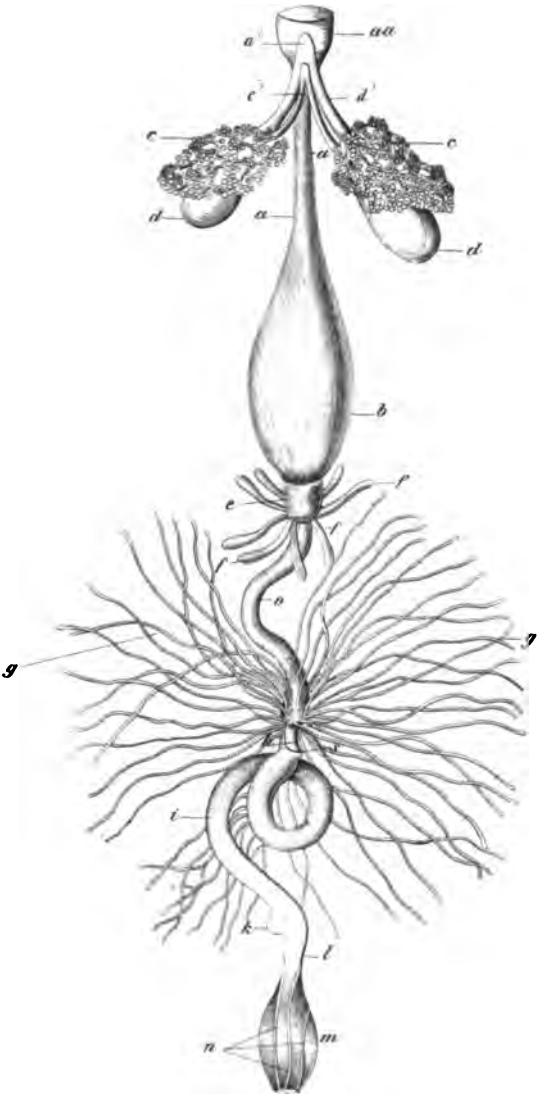


Fig. 4.

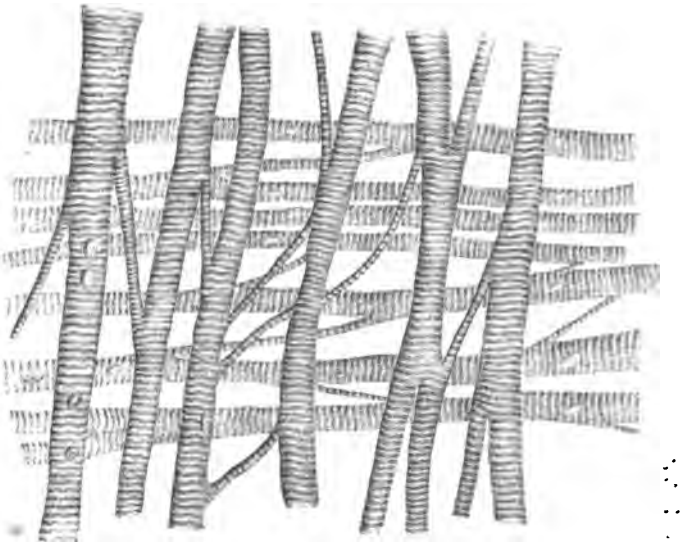


Fig. 5.

STANFORD LIBRA

Fig. 6a.

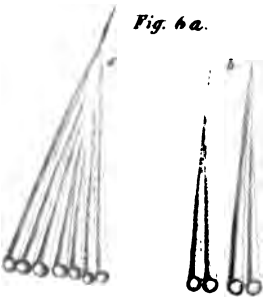


Fig. 7.

Fig. 8.

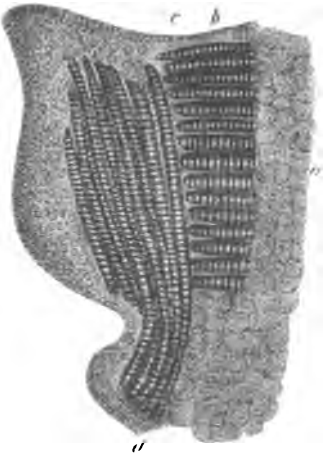


Fig. 6.b.

Fig. 9.

Fig. 10.

Digitized by Google

Fig. 11.

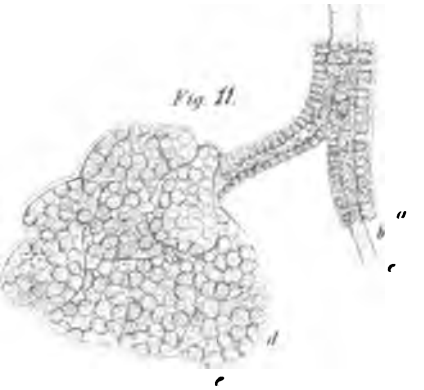


Fig. 12.

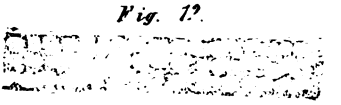


Fig. 13.

Copyright

Beobachtun	er Temp. Minimum	Beobachtungsort nach der mittleren Temp. geordn.	Mittlere Temperatur Réaumur
Admont .			
Agram . .	—18°6	Cairo	+ 8°19
Althofen .	—10·1	Curzola . . .	+ 4·71
Aussee (Al	—13·8	Valona	+ 4·45
Aussee (Ma	— 9·0	Ragusa	+ 4·41
Athen *)	—10·4	Athen	+ 4·19
Bludenz .	— 1·6	Triest	+ 0·84
Bodenbach	—10·4	Villa Carlotta .	+ 0·66
Bologna .	— 8·0	Venedig	— 1·17
Botzen . .	— 7·5	Luino	— 1·38
Brünn . .	— 7·1	Trient	— 1·56
Buchenstein	—10·0	Botzen	— 1·66
Cairo . .	— 8·0	Bologna	— 1·66
Czaslau .	+ 2·6	Meran	— 1·69
Cilli (Stadt	—10·5	Verona	— 2·04
Crajova .	—16·7	Bodenbach . .	— 2·39
Curzola .	—14·8	Wien	— 2·55
Czernowitz	0·0	Prag	— 2·60
Debreczin	—14·6	Salzburg . . .	— 2·71
Deutschbrod	— 9·8	Pressburg . . .	— 2·77
Frauenberg	— 8·6	Fünfkirchen . .	— 2·84
Fünfkirchen	— 9·6	Platt	— 2·87
Gastein (Bä	— 7·1	Paierbach . .	— 2·91
Gastein (Ho	— 8·9	Agram	— 2·99
Gran . .	—13·5	Ofen	— 2·99
Gratz . .	— 9·2	Mailand	— 3·02
Gresten .	—11·8	Wiener-Neustadt	— 3·06
Gurgl . .	—11·5 / —16·2	Martinsberg . .	— 3·10
Hermannsta	— 9·9 / —13·4	Marienberg . .	— 3·20
St. Jakob II.	—20·1 / —13·6	Brünn	— 3·26
St. Jakob I.	—12·0	Gran	— 3·27
Jaslo . .	—12·4	Neutra	— 3·30
Innichen .	—15·7 / —10·9	Schössl . . .	— 3·33
Inner-Villgr	—18·9 / —16·5	Korneuburg . .	— 3·33
St. Johann	—15·3	Tirnau	— 3·36
Kalkstein.	— 9·0	Pilsen	— 3·44
Kaschau .	—	Troppau . . .	— 3·48
Kesmark	—10·5	Kremsier . . .	— 3·48
Kirchdorf	—17·0	Szegedin . . .	— 3·49
Klagenfurt	—	Melk	— 3·53
Komorn .	—19·0		
	—10·0		

Cairo. De
Czernow
Das Maxim
Das Mittel

Sitzb. d. ma

r 1858.

gen am 4. 6. 7., Schnee am 4, 5. 6. 7. — Am 8. starker Wind aus S., am 9. W., am 10. aus W., am 14. aus WNW.. am 23. aus SW. — Die mittlere Tem- ur dieses Monates —2°4 (aus dem mittleren Maximum und Minimum) ist nur in n Jahrhunderte vom Jänner 1830 mit —3°2 übertroffen worden.

en am 4. 5., Schnee am 3. und 4., am 5. stürmisch aus W., am 22. 23. 24. O.

en am 16. 19. 20., Schnee am 3. 14, 15. 16. 17. 18. 21. 22. 23. 29. 31. — am 8. 10. 29. 30. — Am 5. Eisdecke der Schwarza 5 Zoll, am 8. 6 Zoll. — 5. Erdbeben um 8h 20′ Ab. zweimal von SW. bis SO., am 19. Morgens Sturm W. — Schneedecke am 23. 2.1/2 Zoll.

Schnee am 2. bis 5., vom 16. bis 25. meist N4—7. Nebel am 2. bis 5. — An Stationen Ost-Tirols war Schnee und Nebel erst vom 2—6.

Am 1. oft schwacher Regen, am 14. vor Sonnenaufgang Reif im Garten, ebenso 3.; am 31. Mittags war die Luft voll Staub. — Bereits am 29. wurde hier der nd stärker, drehte sich am 30. nach SW.. und am 31. mit der Stärke SW7.

gen am 16. 19., Schnee am 3. 13. bis 18. 21. 22 23, 31., am 15. 1″80, am 16. 0. und 21. stürmisch aus W.

am 21., Schnee am 4. 5. 17. 21. 22. — Am 2. und 3. Glatteis vom Nebel- schlag, vom 3. auf 4. starker Ostwind. — Schneedecke am 4. 2 Zoll, am 6. oll, am 16. stellenweise auf der Sonnenseite weg, vom 21. bis 31. thaute der e im Schatten gar nicht. — Der Saanfluss war am 7. im Bereiche der Stadt mit Eis bedeckt, Eisdecke am 31. 18 bis 24 Zoll, vom 25. bis 29. reine Luft. nee am 7. 8. 9., am 12. 15. 20. 30. Nebel; am 3. 4. 28. starker NO.-Wind.

gen am 3. 4. 5., Schnee bis unter die Hälfte der Berge am 9. 21. 22., am 18. ars NO., am 30. und 31. Eis im Wassergefässe des Psychrometers.

Regen am 2., Schnee am 2. 3. 6. 15. 16. 17. 18. 25. 27. 28. 29., Nebel am 7. bis 14. 27. 31., am 22. Mondhof, stürmisch aus NW.

chnee am 16. 19., am 19. 3″66, Nebel am 1. 2. 14. 15.

Regen am 24. 25., Schnee am 3, 12. 13. 15. 16. 17. 19. 20. 21. 22. 23. 31., . 4″56, am 8. und 9. starker Reif, am 25. sehr starker Nebel.

Schnee am 3. 14. 17. 19. 21. 22. 24., am 24. 2″20.

Regen am 20. 21, 31., Schnee am 3. 4. 16—23., am 21. 3″40 mit Regen.

). Schnee am 3. 5. 15. 16. 17. 19. 20. 21. 31. — Am 3. starker Graupen- ; am 5. 4½″ Schnee. — Am 6. starker SO.-Wind, am 12. Nebel bei Westwind. 4. starker Graupenfall, um 7h 30′ Ab. Sturm aus N., der erst am 18. Morgens gte; am 21. Nachts Schneesturm.

Schnee am 3. 4. 6. 17. 18. 19. 20. 23. 24. 25., am 6. 2″50.

am 15. 19., Schnee am 3. 16. 17. 17. 19. 22. — Nebel am 1. 2. 3. 8. 9. . 12. 25. 26. 27. 29. 30. 32. — Das Erdbeben vom 15. wurde hier zwischen 9 Uhr Ab. von Einigen, aber schwach wahrgenommen. — Am 22. Mittags stür- aus WNW.. am 28. aus NO.

e am 2. 3. 4. 5. 6. 17. 28., am 5. 2″10, am 15. und 30. Nebel. — Höchster stand der Mur am 2. und 3. +0′5″, tiefster +0′3″ bis +0″2 vom 8.

en am 16. 19. 20., am 19. 4″11. — Schnee am 3. 4. 14. 15. 16. 18. . 31., am 20. 6″19, Schnee mit Regen. — Am 11. war der Schnee e bis 3000′ hoch weggethaut, Schneetiefe am 17. im Thale 3″.

Beobachtun	er Temp. Minimum	Beobachtungsort nach der mittleren Temp. geordn.	Mittlere Temperatur Réaumur
Admont .			
Agram . .	—18°6	Cairo	+ 8°19
Althofen .	—10·1	Curzola . . .	+ 4·71
Aussee (Al	—13·8	Valona	+ 4·45
Aussee (Ma	— 9·0	Ragusa	+ 4·41
Athen *)	—10·4	Athen	+ 4·19
Bludenz .	— 1·6	Triest	+ 0·84
Bodenbach	—10·4	Villa Carlotta .	+ 0·66
Bologna .	— 8·0	Venedig	— 1·17
Botzen . .	— 7·5	Luino	— 1·38
Brünn . .	— 7·1	Trient	— 1·56
Buchenstein	—10·0	Botzen	— 1·66
Cairo . .	— 8·0	Bologna	— 1·66
Czaslau .	+ 2·6	Meran	— 1·69
Cilli (Stadt	—10·5	Verona	— 2·04
Crajova .	—16·7	Bodenbach . .	— 2·39
Curzola .	—14·8	Wien	— 2·55
Czernowitz	0·0	Prag	— 2·60
Debreczin	—14·6	Salzburg . . .	— 2·71
Deutschbrod	— 9·8	Presburg . . .	— 2·77
Frauenberg	— 8·6	Fünfkirchen . .	— 2·84
Fünfkirchen	— 9·6	Platt	— 2·87
Gastein (Bs	— 7·1	Paierbach . .	— 2·91
Gastein (Hd	— 8·9	Agram	— 2·99
Gran . .	—13·5	Ofen	— 2·99
Gratz . .	— 9·2	Mailand	— 3·02
Gresten .	—11·8	Wiener-Neustadt	— 3·06
Gurgl . .	—11·6	Martinsberg . .	— 3·10
Hermannsta	—15·8	Marienberg . .	— 3·20
St. Jakob II.	—13·4	Brünn	— 3·26
St. Jakob I.	—20·4	Gran	— 3·27
Jaslo . .	—12·0	Neutra	— 3·30
Innichen .	—12·4	Schössl . . .	— 3·33
Inner-Villgr	—15·7	Korneuburg . .	— 3·33
St. Johann	—16·0	Tirnau	— 3·36
Kalkstein .	—15·3	Pilsen	— 3·44
Kaschau .	— 9·0	Troppau . . .	— 3·48
Kesmark	—	Kremsier . . .	— 3·48
Kirchdorf	—10·5	Szegedin . . .	— 3·49
Klagenfurt	—17·0	Melk	— 3·53
Komorn . .	—		
	—19·0		
	—10·0		

Cairo. D
Czernow
Das Maxim
Das Mittel

SITZUNG VOM 18. NOVEMBER 1858.

Eingesendete Abhandlung.

Sulla persistenza dell' aorta destra nell' uomo.

Di E. Oehl.

(Con 1 tavola.)

(Vorgelegt durch Hrn. Regierungsrath Hyrtl in der Sitzung vom 7. October 1858.)

Fra i cadaveri di bambini, dei quali, per gentilezza del mio Collega, Dr. Obicini, Aggiunto alla Direzione di questo Ospitale, ho potuto intraprendere la sezione nel corso delle presenti ferie autunnali, uno mi si offerse in verso la metà di Settembre, dell' età di 21 giorni [1]), il quale per un' insolita proporzione nel volume delle sue parti, presentava un' aspetto generale non osservabile a questa età. Nel mentre infatti riscontrasi nei neonati una rimarchevole picciolezza degli arti, specialmente inferiori, ed un volume della testa, che in rapporto alle altre parti del corpo è maggiore che nelle età successive, avea il cadavere, di cui parlo, assai più dei superiori sviluppati gli arti inferiori, e la testa, benchè perfettamente formata, pure sì piccola, da riuscirne, relativamente agli altri organi del cadavere, invertito, in quanto al volume il rapporto normale.

Erano bensì queste condizioni bastevoli a richiamare la mia attenzione, ma non tali da determinarmi a conservare il cadavere, essendo sì frequenti e sì evidenti i casi di microcefalo raccolti nei varj Musei (fra i quali di bellissimi nel Museo anatomico diretto dal Prof. Consigliere Hyrtl a Vienna) da scomparire quasi, in loro

1) Figura nei Registri dell' Ospitale sotto il nome di Zancati Gaetano decesso i 16 Settembre alle 9·30 antimeridiane.

confronto, il microcefalismo da me osservato; non a ricercarne un anatomica spiegazione, poichè colle poche cognizioni che si hanno in fatto di teratologia, non osava trascurare altri studj pressanti per' darmi ad una gretta e minuta indagine anatomica il cui risultato d'altronde poteva essere assai problematico.

Limitatomi adunque a rimarcare questa deficenza nel volume del capo e degli arti superiori, procedeva sul piccolo cadavere alle ricerche che mi era prefisse e per le quali doveva estrarre in una sola massa gli organi del torace che faceva portare nel mio piccolo laboratorio.

Ma la istituita ricerca anatomica degli organi toracici testè menzionati, rivelava la esistenza di un' assai rilevante anomalia, ch' io credo influisse non poco sulla rimarcata deficenza di volume della testa e degli arti superiori.

Fra i vasi arteriosi emergenti dal cuore, avea prevalente calibro l' arteria polmonare. Essa dopo breve decorso rigonfiavasi in una specie di bulbo e non si decomponeva quindi nei rami ai due polmoni, ma somministrati questi, che avevano la significazione di rami secondarj, continuavasi come tronco principale (ridotta a due terzi del diametro primitivo) nell' aorta toracica, di cui egualiava precisamente il lume, rappresentando per tal modo quell' *aorta destra* che è nell' embrione costituita dal tronco dei due archi aortici primitivi posteriori.

Al suo emergere dal cuore tenea la vera aorta i suoi normali rapporti anatomici, differendone solo per il lume che era minore di quello dell' arteria polmonare. Dalla convessità della sua curva partivano, come di norma, il tronco brachio-cefalico a destra, la carotide e la succlavia a sinistra e l'aorta quindi, *ridotta ad un diametro eguale a quello della succlavia sinistra*, dopo brevissimo decorso metteva nell' aorta toracica, laddove quest' arteria continuvasi nel tronco principale dell' arteria polmonare.

Il foro del Botal esisteva tuttora, rappresentato da una fenditura elittica, il cui massimo diametro, doppio del trasverso, si estendeva in una linea quasi paralella all' asse del cuore.

Benchè dall' esame dell' unita figura si possa rilevare a colpo d'occhio la qualità e il grado dell' anomalia in discorso, pure non esitai di prendere le più esatte misure, le quali, paragonate con quelle ottenute in cadaveri della stessa età facessero meglio valutare l' importanza anatomica e fisiologica del caso ch'io vado descrivendo.

In varj bambini dell' età di uno a quattro mesi, misurava l' aorta alla sua origine una circonferenza compresa fra i 32 e i 36 millimetri e quindi un diametro, compreso lo spessore delle pareti [1]), di 10, 6 a 12 millimetri.

L' arteria polmonare invece, sotto una circonferenza di 20 a 26 millimetri, dava per diametro da 6·6 a 8·6 millimetri. Facendo una media degli undici cuori di bambini presi in esame, ottenni 33 millimetri per la circonferenza dell' aorta e 23 millimetri per quella dell' arteria polmonare; un diametro quindi di 11 millimetri per la prima di 7·6 millimetri per la seconda.

Anche nei bambini appena nati esiste fra il lume dei due vasi una differenza, poichè in uno di essi era di 18 millimetri la circonferenza dell' aorta e di 15 quella dell' arteria polmonare, ed erano quindi i diametri rispettivi di 6 e di 5 millimetri. Calcolando quindi sui dati precedenti, il diametro dell' arteria polmonare sta a quello dell' aorta come 1 : 1·04, mentre nel neonato abbiamo il rapporto di 1 a 1·02, dovuto al diametro rispettivamente maggiore dell' arteria polmonare.

La prevalenza infatti nel diametro dell' arteria polmonare va sempre crescendo coll' avvicinarci che facciamo al cuore dei feti, nei quali l'aorta è in modo assoluto più piccola dell' arteria polmonare. Procedendo invece verso l'epoca della nascita e verso il cuore degli adulti vanno a poco a poco questi rapporti invertendosi, talchè la minima proporzione fra l' arteria polmonare e l' aorta è negli adulti di 1 : 1·5.

Questo doveva essere, poichè al formarsi dell' aorta e de' suoi rami, non che dell' arteria polmonare e del condotto arterioso dagli archi aortici primitivi, l' aorta sinistra non comunica colla futura aorta toracica se non per un ramo d'ordine secondario, mentre invece colla medesima è in diretta comunicazione l'arteria polmonare, che costituisce a quest' epoca assai remota della vita fetale l'aorta destra.

Nell' aorta sinistra adunque non entra a quest' epoca se non il sangue destinato alla testa ed agli arti superiori e solo una piccola porzione passa da essa nell'aorta destra, alla quale proviene dal cuore

---

[1]) Nelle misure dei lumi dei vasi che andrò successivamente citando s'intenderà sempre compreso lo spessore delle pareti, avendo io calcolato il diametro dalla misura della circonferenza e valutatolo per tutti i vasi ad un terzo di quest' ultima.

Dell' arteria polmonare	10	millimetri
Diametro del condotto arterioso	6·35	„
„ „ tronco brachio-cefalico	4	„
„ della carotide sinistra	2·66	„
„ „ succlavia sinistra	2·66	„
Lunghezza massima dell' aorta dall' emergenza della succlavia sinistra allo sbocco nell' aorta toracica	4	„
Lunghezza del condotto arterioso [1]	2	centimetri
„ del foro ovale	6	millimetri
Larghezza del medesimo	3	„

La grande anomalia del caso è tosto rilevata se si pensi, che mentre nello stato normale a questa età il diametro dell' arteria polmonare sta a quello dell' aorta come . . . . . 1 : 1·04
nel caso presente invece sta come . . . . . 1 : 0·7

Questo rapporto nel diametro dei vasi emergenti dal cuore, non che la persistenza del foro di Botal, bastano a dimostrare, come i vasi cardiaci sieno rimasti, in quanto alle loro metamorfosi reciproche, ad uno degli stadj della più arretrata vita fetale. I tronchi che dall' aorta mettevano alla testa ed agli arti superiori avevano pel tronco brachio-cefalico la proporzione normale di 1 : 1·90, per la carotide e per la succlavia sinistra quella pure normale di 1 : 3. Lo sviluppo di questi vasi era dunque regolarmente proceduto in relazione allo sviluppo dell' aorta, la quale però aveva un diametro minore di quello dell' arteria polmonare.

L' aorta adunque, dall' epoca in cui erasi stabilito questo rapporto dei vasi fino a 21 giorni dopo la nascita aveva ammessa una copia di sangue minore di quella che avrebbe dovuto, epperò dovevano risentire nel loro sviluppo gli organi sottoposti al dominio della sua irrigazione. Io non dubito quindi di ammettere che, prescindendo anche dalla permanenza del foro del Botal, *nella vita extrauterina, la persistente prevalenza nel diametro dell' arteria polmonare e del condotto arterioso sul diametro dell' aorta e del tronco di comunicazione della medesima coll' aorta toracica, debbono*

---

[1]) Questa lunghezza assai marcata in confronto a quella di 8 millimetri, normale in questa età, è ad evidenza dovuta al deficente sviluppo dell' aorta laddove avviene lo sbocco del condotto arterioso.

g
f
d
c
b
a

essere causa per la quale la testa e gli arti superiori del neonato presentinsi meno sviluppati che quando la metamorfosi dei vasi procedette con tanta regolarità da essere all' epoca della nascita invertiti i rapporti di diametro fra i due sistemi di vasi.

Se la presenza di tali condizioni, oltrechè sul volume della testa e degli arti superiori, sia capace di spiegare un' influenza sulle facoltà psichiche dell' individuo, io non oserei affermarlo, benchè si possa sospettarlo se si pensi al rapporto che esiste fra lo sviluppo di queste ultime ed il volume di un cervello sano. Credo però valga la pena l' indagine, la quale potrebbe forse condurre più sollecitamente ad un' esito affermativo o negativo se istituita sui cadaveri di neonati cretini.

Non sarebbe del resto infruttuosa ricerca, per chi è favorito dall' occasione di poter disporre di molti cadaveri di bambini e di feti, quella di stabilire il rapporto che passa fra il peso della testa e l'ampiezza del condotto arterioso.

Oltre al disegno, che qui fedelmente produco, del cuore e de' suoi vasi, tengo il pezzo naturale a mia disposizione e garanzia e solo mi duole di non aver conservato l'intiero cadavere, il quale, quand' io scoperta l' anomalia, cercai, era già dato alla terra.

Spiegazione della tavola.

Il disegno è fatto sopra una scala di poco maggiore del naturale: i rapporti però sono fedelmente mantenuti.

a specie di bulbo dell' arteria polmonare dopo la sua origine.
b ramo al polmone destro.
c ramo al polmone sinistro.
d condotto arterioso.
e aorta e suoi rami brachio cefalici.
f tronco di comunicazione col
g l'aorta toracica isolata e spostata per dimostrare il suo passaggio diretto nel condotto arterioso.

Die Plitvica-Seen in der oberen Militärgrenze in Kroatien.

Von **Ludwig v. Farkaš-Vukotinović.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 14. October 1858.)

Die Plitvica-Seen liegen im Bereiche des k. k. Otočaner Grenz-Regimentes, beiläufig fünf Meilen weit vom Stabsorte Otočac in der Richtung gegen Nordost. Das Otočaner Regiment stellt durchgehends ein hochgehobenes, felsiges, kahles Gebirgsland dar, wo es blos einige Hochebenen, Zerreissungsthäler und grosse Kessel gibt, die mit einer bald mehr oder weniger Thon oder röthlichen Lehm enthaltenden Sandschichte spärlich bedeckt sind; nur in einigen Gegenden z. B. in Gušićapolje von Žutalokva gegen Brlog in Kermpotićpolje nahe von Otočac im Korenica-Thale und bei Perušić gesellen sich dem Gemenge humusreichere und Mergel führende Theile, welche die Ackererde zur Cultur geeigneter machen. Ausser den Gačka- und Korenica-Thale und ausser einigen Flächen, die bei Perušić und Lešće vorkommen, ist das ganze übrige Regimentsgebiet ein verworrenes, zerrissenes Gewebe von Schluchten, Klüften, Bergwänden und Felszacken; alle Spuren sind hier von Einwirkungen zu sehen, die eine durch Jahrtausende andauernde, entfesselte Wuth der Stürme, die Kraft einer brennenden Sonne und der stets wiederkehrende penetrante Einfluss der Nebel, Dünste und des Wassers hervorbringen musste.

Betrachtet man die Beschaffenheit des Landes weiter, so gewahrt man es, dass ebenso, wie die erwähnten ungeheuren Felsmassen zur Quantität des Erdreiches in einem äusserst ungünstigen Verhältnisse stehen, auch die Vertheilung des Wassers eine sehr ungleiche, im Ganzen genommen aber eine sehr stiefmütterliche ist; wir sehen daher an einigen Punkten bedeutende Wassermassen angehäuft, während an anderen Orten Pflanzen, Thiere und Menschen nach einem erfrischenden Tropfen lechzen. Die nähere Begrenzung, die

ich dieser Monographie feststelle, fasst blos die nächste Umgebung von Otočac und die Gebirgszüge bei Vrhovina und Leskovac in sich, wo sich die Plitvica-Seen befinden.

Die nächste Umgebung vom Stabsorte Otočac (wohin seit neuerer Zeit das Brigade-Commando von Gospić verlegt wurde) ist gegen Süden, Osten und Norden grösstentheils aus kahlen unbewaldeten Gebirgszügen zusammengesetzt, wo im Ganzen genommen mehr oder weniger ein Mangel an Quellen vorherrscht. Die nackten Wände der Kalkfelsen sind nicht im Stande die atmosphärischen Niederschläge aufzufangen und sachte weiter zu führen, sondern es sinken die Wasser rasch in die Tiefen, wohin sie die zahllosen Klüfte, Spalten und Aushöhlungen mit brausender Eile führen, um sie dann anderen Ortes in bedeutenderen Quantitäten als reiche Quellen zu Tage hervorbrechen zu lassen; in Folge dessen herrscht in den Sommermonaten gewöhnlich Dürre, welche auf die durch einen seichtgründigen und sandigen Boden ohnehin nicht begünstigte Vegetation einen nachtheiligen Einfluss ausübt. Die Abstockung der Wälder war in diesen felsigen Gegenden eine Sünde, an deren Folgen die kommenden Generationen leiden müssen.

Das Thal, in welchem Otočac liegt, wird auch das Gačka-Thal genannt, vom Bache Gačka, der es durchschneidet. Die Gačka entspringt bei Lešće am Fusse des Berges Kremen, der das Thal an der Südseite umgibt; die ganze Fläche ist amphitheatralisch gestaltet, nur beim Stabsorte selbst macht sie eine seitliche Wendung mit einer Thalverengung gegen Westen; das Flussbett der Gačka — eine Felsenwand — ist vielfach gekrümmt und gegen Westen mit einem schwachen Fall geneigt; aber eben auf dieser Seite wo die Einmündung in das adriatische Meer stattfinden sollte, erhebt sich ein mächtiges Gebirge: Senjsko bilo, bei 4000 Fuss hoch, und verhindert das weitere Abfliessen des Baches; bei Švica, einem beiläufig eine Stunde von Otačac entfernten Orte, bildet die Gačka einen schönen Wasserfall, und hier ist es, wo die Natur auf sonderbare Weise sorgte, dass das Wasser seinem Laufe folgen und das Meer erreichen könne; es befindet sich in der Nähe, unter dem Wasserfalle, ein grosser Trichter, durch dessen unsichtbare Öffnungen das Wasser versinkt und jenseits der Gebirge dem Meere zugeführt wird, früher aber, wie man allgemein dort behauptet, auf der gegenüber liegenden

Insel Pago als reiche Quelle zu Tage tritt. Das Gačka-Thal leidet viel an den Übeln einer versumpften Gegend; bei jeder Anschwellung des Wassers tritt der Bach aus; was immer mehr zunehmen wird, weil sich das Gačka-Bett ober dem Švicer Wasserfall von Jahr zu Jahr, — wenn auch nur unmerklich — durch die reichlichen Tuffablagerungen hebt und der Wasserfall zurückgedrängt wird; andererseits wird der Trichter durch Absätze verschlemmt und der Abfluss der zugeführten Wasser erschwert.

Die vorerwähnten Felsgebilde bestehen aus Jurakalken und Dolomiten, die ausser einigen in geringer Mächtigkeit eingelagerten Mergelschichten mit der grössten Gleichförmigkeit jedes andere Gestein ausschliessend auftreten. Die Flächen in den Thälern sind mit lockerer sandhältiger Erde bedeckt, die von den kahl dastehenden Nachbarbergen herabgeschwemmt, aber selten tiefer hineingetragen wurde; daher ist an diesen für jene Gegend besten und ergiebigsten Erdanhäufungen, am Fusse nämlich oder an den unteren Theilen der Bergabhänge, die üppigste Vegetation zu sehen; die Ebenen stehen häuser- und baumlos; die Äcker und Wiesen, was in ihnen liegen, haben ein welkes, kränkelndes Aussehen, und im Juni wo der angehende Sommer in all seiner Kraft und Fülle glänzen sollte, hat die trockene, dunstleere Luft und die heisse Sonne beinahe schon alles pflanzliche Leben zu Tode gebrannt. An den Rändern des Thales liegen die Bauernhöfe Haus an Haus; sie bilden rundum mit ihren Pflanzungen einen grünen Kranz und über den Häusern starren die weisslichten, ausgestorbenen, kahlen Felsgipfel und zerklüfteten Bergrücken hoch empor; um die Häuser stehen kräftige Eichen, Buchen, Linden, Ahornbäume, an die sich gewöhnlich Zwetschken, Birnen und Äpfel anreihen, so dass die Wohnungen wie aus Verstecken heraussehen; die Gegend trägt etwas von Traurigkeit an sich; man wird unwillkürlich durch die Lage der Häuser an die vielen bitteren Kämpfe der Vorzeit erinnert und muss darauf schliessen, dass die um ihre Sicherheit besorgten Bewohner sich diese Wohnplätze wählten, wo sie im Falle eines plötzlichen Angriffes hinter ihre Felsen flüchten und sich erfolgreicher vertheidigen konnten. In den kleineren buchtartigen und kesselförmigen Thälern ist der Boden mit einer rothbraun gefärbten lehmigen Erde bedeckt, die vom Bolus herkömmt, der stellenweise ganz rein zu finden ist; so im Thale Vinica bei Otačac.

Gegen Vrhovina zu — zwei Meilen östlich von Otačac — erhebt sich das Land um 150—200 Fuss; wenn man die Höhe des Gačka-Thales bei Otačac mit 1800′ annimmt, so ist die Wasserscheide, die bei Vrhovina und Babinpotok den grössten Höhepunkt erreicht, zwischen Otačac und den Plitvica-Seen auf 2000′ zu berechnen. Sobald man das von Vrhovina bis Babinpotok eine bis anderthalb Stunde lange Hochplateau betritt, lachen einem von wellenförmigen, abgerundeten Hügeln üppige Triften entgegen; die kahlen Felsen sind verschwunden, und wir treten aus dem Kreis der sterilen Jurakalke heraus; die Kreide zeichnet sich zwar auch nichts weniger als durch eine Begünstigung des vegetativen Lebens aus, stellenweise jedoch, wo sich mergel- und sandhältige Gebilde befinden (wie es hier der Fall ist), findet eine Ausnahme Statt; diese freundliche Gegend dehnt sich jedoch über keine weite Strecke aus, sie bildet nur einen hochgelegenen Rücken und läuft am nordöstlichen Abhange dem grossen Gebirgszuge der Mala Kapela zu; die Mala Kapela ist zwar durchgehends bewaldet, aber in unzählige Schluchten und Abgründe getrennt, aus welchen kahle Spitzen und Felstrümmer zwischen den Bäumen hervorragen; es umgibt uns hier ein düsteres in schwarzes Dunkel eingehülltes Bild. Wir kommen in die Region eines lichten Kalksteines, der zum Theil Hippuriten führend ist, und nähern uns den Plitvica-Seen; diese gehören zur Korenicer Cordons-Compagnie und sind gewöhnlich unter dem Namen der sieben Plitvica-Seen bekannt; es sind aber genauer gerechnet ihrer zwölf, und wenn man das abseits gelegene Wasserbecken Bakinovac (das von nirgends Zufluss erhält) dazu rechnet, sind es im Ganzen dreizehn kleinere und grössere Wasserreservoirs; den Hauptursprung der Seen bildet die Crna Rieka (schwarzer Bach), der bald nach seinem Erscheinen ober Leskovac von unterirdischen Höhlungen verschlungen wird, bald wieder noch wasserreicher hervorbricht und dann dem obersten See zuläuft; man kann aber als gewiss annehmen, dass trotz des Reichthums der aus der Crna Rieka und Mala Riečina zufliessenden Gewässer auch andere Zuflüsse auf unsichtbaren Wegen stattfinden müssen, weil man sich sonst die ansehnliche und niemals abnehmende Wassermenge der Seen nicht erklären könnte.

Der Eindruck, den dies seltene Schauspiel der Natur beim ersten Anblick hervorbringt, ist jedenfalls angenehm; er ist aber nicht so effectvoll, als man sich es vorstellt; die Seebecken ziehen sich in

in jenen Gegenden, wo sich die besprochenen Kesseln und Trichter befinden, keine besondern Störungen zu bemerken sind, vielmehr im Grossen genommen diese Trichterbildungen das Gepräge der Gleichförmigkeit tragen, so scheinen diese Erklärungsweisen nicht annehmbar. Ich beabsichtige bei meiner nächsten Bereisung der so sehr interessanten oberen Militär-Grenze diesem Gegenstande eine grössere Aufmerksamkeit zu widmen, denn es ist mir nicht bekannt, dass diese räthselhafte Erscheinung irgendwo beschrieben oder erklärt worden wäre.

Die folgende Tabelle gibt die Grösse der einzelnen Seen, das Gefälle des Wassers und die Höhe der Wasserfälle genau an:

Name des Sees	Länge	Breite	Gefälle	Höhe des Wasserfalles
Prosćansko jezero .	666° 4′	233° 2′	3′ 2″	5° 3′ 10″
Ciginovac	168° 2′	80°	2″	5° 2′ 10″
Okrugljak gornji .	233°	76°	3′	3° 4′ 10″
Crno jezero . . .	126° 4′	2° 2′	4″	5° 4′ 10″
Vir	76° 4′	30° 2′	6″	5° 1′ 9″
Galovac	400°	310°	1′	(Fall in drei Etagen obere 2° mittlere 7° 1′ 6″ untere 5° 5′
Gradinsko jezero .	344°	183°	2′	(Fall in zwei Etagen obere 3° 4′ untere 5° 5′
Kozjak	1622°	323° 2′	2′	1° 5′ 9″
Milanovo jezero . .	224° 2′	100°	2′	(Fall in zwei Etagen obere 3° untere 2°
Okrugljak dolnji .	124°	66°	6″	(Fall in drei Etagen obere 2° mittlere 1° untere 2°
Kaludjerovo jezero	150°	34°	1′	1° 2″
Novakovića brod .	28°	36°	4″	(Fall in drei Etagen obere 3° 2′ mittlere 4° unterer 8° 3′

Diese zwölf Wasserbecken sind etagenmässig über einander gestellt, so dass der unterste das Wasser von dem oberen

empfängt, und es wird auf diese Weise dem Zuschauer die seltene Gelegenheit geboten, eine Reihe von zwanzig Wasserfällen wenn auch nicht von einem Standorte so doch in geringer Entfernung sehen zu können; die Ufer — wie schon bemerkt wurde — bilden schroffe Felsen, die bei den niederer liegenden Seen als hohe senkrechte Wände dastehen, bei den oberen aber abnehmen, so dass Prosćansko jezero einem gewöhnlichen Teiche gleich sanft einlaufende erdige Ufer und am Boden viel Schlamm hat; die Höhe des obersten Sees beträgt bei 2500′. Aus dem untersten See: Novakovića brod entspringt die Korana, die bald zu einem Fluss anschwillt und bei Karlstadt sich in die Kulpa ergiesst. Nordwestlicherseits stürzt sich der Bach Plitvica in zwei Absätzen in die Korana und bildet zwei schöne Wasserfälle, deren erster 28° 2′, der zweite 12° 4′ hoch ist; mithin beträgt die Gesammthöhe der Felsenwand, über welche die Plitvica in die Korana fällt, 41°; die Höhe aber des obersten Sees, des Prosćansko jezero über den Ursprung der Korana beträgt 80° 5′ 4″.

Der passendste Punkt, den man sich bei der Beschauung der Plitvica-Seen wählen soll, ist die vor dem See Galovac gelegene Wiese, von da aus kann man sieben Wasserfälle und die Sägemühle übersehen; es ist eine hübsche Landschaft, die durch diese Staffage ein Leben erhält; der zweite Punkt, den ersteren an Schönheit übertreffend, ist am Ursprung der Korana, wo man die schäumenden Silberfluthen der Plitvica über eine 41°, jene der Seen aber über eine 15° 5′ hohe, steile Wand mit immerwährendem Brausen hinabfallen und dann im tiefen felsigen Bette rasch dahineilen sieht. Ich erlaube mir hier zu bemerken, dass man diese Naturschönheiten, wenn sie im fremden Lande wären, vielmehr beachten würde. Vor der Hand ist einem jeden anzuempfehlen, der die Seen besuchen will, sich mit Lebensmitteln zu versehen, denn es ist in einer Umgebung von mehreren Meilen selbst um das theuerste Geld nichts zu erhalten.

Die Flora dieser Gegend hat ausser zweier Pflanzen durchaus nichts besonderes aufzuweisen; die eine ist die *Spiraea cana* WK. die an den Felsenwänden bei Milanovo jezero vorkömmt, man kann sie aber jetzt durchaus nicht erreichen; es sagen schon WK. in ihrem werthvollen Werke *„Plantae rariores Hungariae, pag. 253. Habitat in altis et praeruptis rupibus calcareis, que sinistro lateri*

lacus Plitvicensis penultimi Milanovo jezero dicti in Croatia adstant." Die Zeit hat diese Felsen noch schärfer ausgenagt, und unzugänglich gemacht; die Zeichnung in dem benannten Werke, Tab. 227, kann man durchaus nicht als naturgetreu annehmen. *Spiraea cana* WK. ist ihrer ganzen Gestaltung nach nichts anderes als eine *Sp. chamaedrifolia* L. mit dem einzigen jedoch charakteristischen Merkmal, dass *Sp. cana* WK. behaart ist und dass sie *folia subtus tomentoso incana* hat; diese *Spiraea* fand ich aber auch am Velebit-Gebirge, an südlichen Felsenabhängen gegen Podprag. Die zweite Pflanze ist die noch seltenere: *Cardamine chelidonia* WK., *Plantae rariores Hungariae* pag. 150, Tab. 140, T. 2; ich konnte kaum ein Exemplar für mein Herbar auffinden; an den Stellen wo sie Waldstein und Kitaibel angeben, fand ich keine, oder eben nur Spuren; es ist nicht anzunehmen, dass die Pflanze ausgestorben ist seit Waldst. und Kitaibel's Zeiten, wohl aber musste sie, als diese Herren dort waren, besonders spät blühen, denn ich besuchte in den Jahren 1852 und 1856 jene Gegenden um die Mitte des Monates Juni, konnte aber ausser ein, zwei verblühten Exemplaren keine mehr bemerken, wahrscheinlich weil sie schon verblüht waren; ich würde daher die Blüthenzeit der *Card. Chelidonia* statt Juni um die Mitte Mai ansetzen.

Lösung zweier Arten von Gleichungen.

Von **Wenzel Šimerka,**
Gymnasiallehrer zu Budweis.

I. Bestimmte Gleichungen des ersten Grades mit n Unbekannten gelöst mittelst der Permutationslehre.

Die n Gleichungen, die bei dieser Aufgabe vorkommen, kann man durch nachstehendes Schema darstellen:

$$\begin{aligned}
A_1^1 x_1 + A_2^1 x_2 + A_3^1 x_3 + \ldots . A_n^1 x_n &= G_1 \\
A_1^2 x_1 + A_2^2 x_2 + A_3^2 x_3 + \ldots . A_n^2 x_n &= G_2 \\
A_1^3 x_1 + A_2^3 x_2 + A_3^3 x_3 + \ldots . A_n^3 x_n &= G_3 \\
\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
A_1^n x_1 + A_2^n x_2 + A_3^n x_3 + \ldots . A_n^n x_n &= G_n .
\end{aligned}$$

Hierbei sind $x_1, x_2, x_3, \ldots . x_n$ die n Unbekannten, $G_1, G_2, G_3 \ldots . G_n$ die bekannten Gleichungsglieder, und A_b^a bedeutet im Allgemeinen den b^{ten} Coëfficienten in der a^{ten} Gleichung. Kommen in einer Gleichung nicht alle Unbekannten vor, so sind die Coëfficienten der fehlenden $= 0$ zu nehmen.

Bei diesen Untersuchungen wird man es mit Producten aus je n Coëfficienten der obigen Gleichungen zu thun haben. Jedes solcher Producte enthält je einen Coëfficienten aus jeder Zeile und zugleich auch einen aus jeder Columne des obigen Schema als Factor, so dass, wenn es durch $A_a^\alpha A_b^\beta A_c^\gamma \ldots A_m^\mu$ dargestellt wird, sowohl die Zeiger $\alpha, \beta, \gamma, \ldots \mu$ als auch $a, b, c, \ldots m$ alle natürlichen Zahlen von 1 bis n sind. Man kann demnach die Factoren dieses Productes derart versetzen, dass es die Gestalt $A_a^1 A_b^2 A_c^3 \ldots A_m^n$ erlangt, welche Grösse, wenn es die Deutlichkeit zulässt, mit $A_a A_b A_c \ldots A_m$, oder noch kürzer mit $a, b, c, \ldots m$ bezeichnet werden kann.

Unter den Permutationsformen, welche $A_1 A_2 A_3 \ldots A_n$ oder kurz $123 \ldots n$ gibt, ist es nebstdem noch nöthig positive und negative zu unterscheiden. Als Grundsatz dient hier, dass zwei Permutationen mit ungleichen Vorzeichen zu nehmen sind, wenn sie alle Stellen ausser zwei gleich besetzt haben. So sind *bacde* und *bcade* entgegengesetzt, weil die Elemente *bde* ihre früheren Stellen behalten, *ac* sie aber ändern. Hieraus folgt, dass durch die Verschiebung dreier Elemente, d. h. durch Versetzungen wie etwa 123, 231, 312, das Vorzeichen nicht geändert wird, indem so eine Verschiebung für zwei einfache Versetzungen gilt. Ebenso sieht man, dass es im Ganzen eben so viele negative als positive Permutationen gibt, da durch die Versetzung der letzten zwei Elemente jede Form ihr Zeichen ändert.

Auch erhellet es aus dem mathematischen Schreibegebrauche, dass die Form $A_1 A_2 A_3 \ldots A_n$ positiv zu nehmen ist, indem man keinen Grund für das Gegentheil hat.

Nach diesen Bemerkungen kommen bei

$n = 2$: 12, — 21,

$n = 3$: 123, 231, 312, — 132, — 213, — 321,

$n = 4$: 1234, 1342, 1423, 2143, 2314, 2431,
3124, 3241, 3412, 4132, 4213, 4321,
— 1243, — 1324, — 1432, — 2134, — 2341, — 2413,
— 3142, — 3214, — 3421, — 4123, — 4231, — 4312

u. s. w. als wohlgeordnete Permutationsformen vor.

Die Summe aller so entstandenen Permutationsformen der Grössen $A_1 A_2 \ldots A_n$ mit Berücksichtigung ihrer Vorzeichen kann man, wie Ähnliches bei den Combinationen und Variationen zu geschehen pflegt, mit

$$\mathfrak{P}(A_1, A_2, A_3 \ldots A_n)$$

bezeichnen, und wird anstatt eines dieser Elemente, z. B. anstatt A_r stets G gesetzt, welches dann seinen Zeiger in jeder Form von der Stelle erhält, die A_r einnimmt, so kann das Resultat füglich durch

$$\mathfrak{P}(A_1, A_2, \ldots \underset{(G)}{A_r} \ldots A_n)$$

dargestellt werden. So hat man z. B.

$$\mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, A_3) = A_1 G_2 A_3 + G_1 A_3 A_1 + A_3 A_1 G_3 - A_1 A_3 G_3 - G_1 A_1 A_3 - A_3 G_2 A_1$$

oder vollständig

$$\mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, A_3) = A_1^1 G_2 A_3^3 + G_1 A_3^3 A_1^3 + A_3^1 A_1^2 G_3 - A_1^1 A_3^2 G_3 - G_1 A_1^3 A_3^3 - A_3^1 G_3 A_1^3.$$

Wird nun hierauf $N = \mathfrak{P}(A_1, A_2, \ldots A_n)$

$$Z_1 = \mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, \ldots A_n), \quad Z_2 = \mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, A_3 \ldots A_n)$$

und überhaupt

$$Z_r = \mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, \ldots A_r \ldots A_n)$$

gesetzt, so ergibt sich

$$x_1 = \frac{Z_1}{N}, \quad x_2 = \frac{Z_2}{N}, \quad \ldots \quad x_r = \frac{Z_r}{N}.$$

Beweis.

Hier ist nur nöthig zu zeigen, dass die obigen Gleichungen für die angeführten Werthe der Unbekannten bestehen, indem bei bestimmten Gleichungen des ersten Grades jede Unbekannte nur einen Werth hat. Rücksichtlich der ersten Gleichung soll daher dargethan werden, dass $A_1^1 Z_1 + A_2^1 Z_2 + A_3^1 Z_3 + \ldots A_n^1 Z_n = G_1 N$ sei.

Summirt man zu diesem Zwecke

$$A_1^1 Z_1 + A_2^1 Z_2 + A_3^1 Z_3 + \ldots A_n^1 Z_n$$

nach den Grössen $G_1, G_2, G_3 \ldots G_n$, so ergibt sich N als Coëfficient von G_1, die Coëfficienten von $G_2, G_3, \ldots G_n$ sind aber sämmtlich Null.

In ersterer Beziehung ist nämlich G_1 in

$$Z_1 = \mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, \ldots A_n)$$

blos aus der Ersetzung von A_1^1 entstanden, wobei die übrigen Elemente beliebig versetzt werden können; daher liefert das Product $A_1^1 Z_1$ die Grösse $A_1^1 \mathfrak{P}(A_2, A_3, \ldots A_n)$ als Coëfficienten von G_1. Ebenso kommt G_1 in

$$Z_2 = \mathfrak{P}_{(G)}(A_1, A_2, A_3, \ldots A_n)$$

aus der Ersetzung von A_2^1 zum Vorschein, so dass man im Producte $A_2^1 Z_2$ die Zahl $A_2^1 \mathfrak{P}(A_1, A_3, \ldots A_n)$ als Factor von G_1 erhält. Auf dieselbe Art liefert $A_3^1 Z_3$ den partiellen Coëfficienten

$$A_3^1 \mathfrak{P}(A_1 A_2 A_4 \ldots A_n) \text{ u. s. w.}$$

Dem zufolge ist die fragliche Grösse

$$= A_1^1 \mathfrak{P}(A_2, A_3, \ldots A_n) + A_2^1 \mathfrak{P}(A_1, A_3, \ldots A_n)$$
$$+ A_3^1 \mathfrak{P}(A_1, A_2, A_4 \ldots A_n) + \ldots\ldots,$$

was offenbar $\mathfrak{P}(A_1, A_2, A_3 \ldots A_n) = N$ gibt.

Rücksichtlich der Coëfficienten von $G_2, G_3, \ldots$ entspricht jeder Permutationsform von der Gestalt $A_\alpha^1 A_\beta^2 \ldots A_\varphi^\psi \ldots A_m^n$, wo ψ alle Werthe ausser 1 erhalten kann, die Form

$$- A_\varphi^1 A_\beta^2 \ldots A_\alpha^\psi \ldots A_m^n.$$

Aus der ersteren dieser Formen erhält man zu $A_\varphi^1 Z_\varphi$ das Glied $A_\varphi^1 A_\alpha^1 A_\beta^2 \ldots G_\psi \ldots A_m^n$, wo die zweite bei $A_\alpha^1 Z_\alpha$ das Product

$$- A_\alpha^1 A_\varphi^1 A_\beta^2 \ldots G_\psi \ldots A_m^n$$

liefert. Da sich diese Grössen heben, so ist der Coëfficient von G_ψ stets Null.

Die oben angeführten Werthe genügen daher der ersten Gleichung; sie genügen aber auch der zweiten, d. i.

$$A_1^2 x_1 + A_2^2 x_2 + A_3^2 x_3 + \ldots A_n^2 x_n = G_2,$$

indem sich hier dieselben Schlüsse wiederholen lassen, da letztere Bedingungsgleichung aus der ersteren entsteht, wenn sämmtliche Zeiger um 1 erhöht werden, und man $A_{n+1}^2 x_{n+1}$ für $A_1^2 x_1$ ansieht.

Ebenso erhellet auch die Richtigkeit der dritten und aller übrigen Gleichungen des obigen Schema.

Besondere Fälle.

Für $n = 2$ erhält man

$$N = A_1^1 A_2^2 - A_2^1 A_1^2, \quad Z_1 = G_1 A_2^2 - A_2^1 G_2, \quad Z_2 = A_1^1 G_2 - G_1 A_1^2$$

und wird

$$A_1^1 = a, \; A_2^1 = b, \; G_1 = c$$
$$A_1^2 = a', \; A_2^2 = b', \; G_2 = c'$$

gesetzt, so ist

$$x_1 = \frac{cb' - c'b}{ab' - a'b}, \quad x_2 = \frac{ac' - a'c}{ab' - a'b}.$$

Bei $n = 3$ kann man dem Nenner N auch die Gestalt

$$\begin{aligned} &A_1^1 A_2^2 A_3^3 + A_1^2 A_2^3 A_3^1 + A_1^3 A_2^1 A_3^2 \\ &- A_3^1 A_2^2 A_1^3 - A_3^2 A_2^3 A_1^1 - A_3^3 A_2^1 A_1^2 \end{aligned}$$

geben, und dann lässt sich die Bildung von N, Z_1, Z_2, Z_3 als die Summe von wechselnden Querproducten in den vier Paradigmen

N	Z_1	Z_2	Z_3
$A_1^1 A_2^1 A_3^1$	$G_1 A_2^1 A_3^1$	$A_1^1 G_1 A_3^1$	$A_1^1 A_2^1 G_1$
$A_1^2 A_2^2 A_3^2$	$G_2 A_2^2 A_3^2$	$A_1^2 G_2 A_3^2$	$A_1^2 A_2^2 G_2$
$A_1^3 A_2^3 A_3^3$	$G_3 A_2^3 A_3^3$	$A_1^3 G_3 A_3^3$	$A_1^3 A_2^3 G_3$
$A_1^1 A_2^1 A_3^1$	$G_1 A_2^1 A_3^1$	$A_1^1 G_1 A_3^1$	$A_1^1 A_2^1 G_1$
$A_1^2 A_2^2 A_3^2$	$G_2 A_2^2 A_3^2$	$A_1^2 G_2 A_3^2$	$A_1^2 A_2^2 G_2$

versinnlichen.

Was $n = 4$ anbelangt, kann man sich die 24 Producte von je 4 Factoren, aus denen N besteht, unter der Figur

$$A_1^1 \left\{ \begin{matrix} A_2^2 A_3^3 A_4^4 \\ A_2^3 A_3^4 A_4^2 \\ A_2^4 A_3^2 A_4^3 \\ A_2^2 A_3^4 A_4^3 \\ A_2^3 A_3^2 A_4^4 \end{matrix} \right\} - A_1^2 \left\{ \begin{matrix} A_2^1 A_3^3 A_4^4 \\ A_2^3 A_3^4 A_4^1 \\ A_2^4 A_3^1 A_4^3 \\ A_2^1 A_3^4 A_4^3 \\ A_2^3 A_3^1 A_4^4 \end{matrix} \right\} + A_1^3 \left\{ \begin{matrix} A_2^1 A_3^2 A_4^4 \\ A_2^2 A_3^4 A_4^1 \\ A_2^4 A_3^1 A_4^2 \\ A_2^1 A_3^4 A_4^2 \\ A_2^2 A_3^1 A_4^4 \end{matrix} \right\}$$

$$- A_1^4 \left\{ \begin{matrix} A_2^1 A_3^2 A_4^3 \\ A_2^2 A_3^3 A_4^1 \\ A_2^3 A_3^1 A_4^2 \\ A_2^1 A_3^3 A_4^2 \\ A_2^2 A_3^1 A_4^3 \end{matrix} \right\}$$

leichterer Berechnung halber darstellen; wobei die eingeklammerten Grössen je sechs wechselnde Querproducte geben. Um hieraus den Zähler Z_r zu erhalten, ist statt A_r^1, A_r^2, A_r^3, A_r^4 beziehungsweise G_1, G_2, G_3, G_4 zu setzen.

Anmerkung. Den ersten Gedanken zu dieser immerhin schönen Anwendung der Permutationslehre gaben mir meine Untersuchungen über die trinären Zahlformen.

II. Unbestimmte Gleichungen des ersten Grades mit zwei Unbekannten gelöst mittelst der Congruenzlehre.

Der Gleichung $nx = my + r$, wobei m n prim zu einander sind, wird Genüge geleistet bei $x = mt + \varphi$, $y = nt + \phi$, wo t eine beliebige ganze Zahl vorstellt, φ und ϕ aber unter dessen unbestimmt sind. Werden diese Werthe in die gegebene Gleichung substituirt, so liefern sie $n\varphi = m\phi + r$.

Wäre hier $\varphi = mk + \varphi'$, so kann das Product mk in Folge des Werthes von x zu mt bezogen werden; daher braucht man nur einen einzigen Werth von φ, d. i. etwa jenen, der ohne Rücksicht auf das Vorzeichen $\overline{\leq} \frac{1}{2}m$ ist, zu kennen, man findet dann

$$\phi = \frac{n\varphi - r}{m}.$$

Um nun φ zu erhalten, betrachte man die zwei Congruenzen

$$m\varphi \equiv o, \quad n\varphi \equiv r \pmod{m};$$

die erste ist an sich klar, die zweite entsteht aus obiger Gleichung. und es kann darin, wenn dies noch nicht der Fall wäre, n und $r \overline{\leq} \frac{1}{2}m$ gemacht werden; auch ist es erlaubt die Vorzeichen bei n und r zu verändern, um etwa ein negatives n positiv zu machen. Ist nun $n < \frac{1}{2}m$, so suche man die grösste in $\frac{m}{n}$ enthaltene ganze Zahl auf; ist sie d, so erhält man $m = dn + n'$, wo $n' < \frac{1}{2}n$ sein wird. Dann gibt die zweite Congruenz $dn\varphi \equiv dr$; wird dies von der ersten abgezogen $(m - dn)\varphi \equiv -dr$, oder $n'\varphi \equiv -dr$, und wenn $r' \equiv -dr \pmod{m}$ den kleinsten Rest von $-dr$ bedeutet, $n'\varphi \equiv r'$. Heisst ferner d' die grösste in $\frac{n}{n'}$ vorkommende ganze Zahl, so kann abermals $n = n'd' + n''$, wo $n'' < \frac{1}{2}n'$, gesetzt werden, und man erhält aus der zweiten und letzten Congruenz

$$(n - n'd')\varphi \equiv r - d'r' \quad \text{oder} \quad n''\varphi \equiv r''.$$

Verfährt man auf diese Weise fort, so muss man, weil von den Grössen $m, n, n', n'', \ldots$ jede nachfolgende kleiner ist als die halbe vorhergehende, schliesslich 1 zum Coëfficienten von φ erhalten, wo

aus der Congruenz $\varphi \equiv \rho \lessgtr \frac{1}{2}m$ (Mod. m) ρ als der gesuchte Werth von φ hervorgeht, wodurch sich auch ψ ergibt.

Man hätte z. B. $9451x = 5263y + 29$ zu lösen. Hier ist $m = 5263$ und die erste Congruenz

$5263\varphi \equiv 0$; da ferner $9451 - 2m = -1075$ ist, daher $-1075\varphi \equiv 29$, so erhält man die 2. Cong.
$1075\varphi \equiv -29$. Hier ist $d = 5$, also $-112\varphi \equiv 145$ oder
$112\varphi \equiv -145$; dann $d' = 10$, und $-45\varphi \equiv 1421$, d. i.
$45\varphi \equiv -1421$; ferner $d'' = 2$ gibt $22\varphi \equiv 2697 \equiv -2566$
$22\varphi \equiv -2566$; wo dann $d''' = 2$, $\varphi \equiv 3711$ oder
$\varphi = -1552$ also $\psi = -2787$ hervorgeht, so dass

$$x = 5263t - 1552 \text{ und } y = 9451t - 2787$$

die vollständigen Werthe der Unbekannten sind.

Wer sich mit diophantischen Gleichungen befasst, wird die Arbeitersparniss, welche diese Methode im Vergleiche gegen die Euler'sche und gegen die Lösung mittelst der Kettenbrüche gewährt, bald einsehen. Überdies kann man hier zwei oft vorkommende Umstände mit Vortheil benützen, und zwar:

a) Haben in Congruenzen von der Gestalt $n'\varphi \equiv r'$ (Mod. m) die Grösen n', r' oft einen gemeinschaftlichen Theiler, wodurch sie, vorausgesetzt dass m, n prim zu einander sind, gekürzt werden können. Noch öfters geschieht es, dass n' zu Factoren Potenzen von 2, 3 oder 5 hat; würde r' diese Factoren nicht besitzen, so kann es, um sie zu erhalten, um m oder $2m$ vermehrt oder vermindert werden.

So gibt z. B. die Gleichung $2160x = 937y - 53$ bei $m = 937$, $2160\varphi \equiv -53 \equiv -990$; dies durch 90 gekürzt. $24\varphi \equiv -11 \equiv -948$, was abermals durch 12 gekürzt $2\varphi \equiv -79 \equiv 858$ oder $\varphi = 429$ und $\psi = 989$ liefert.

b) Häufig, besonders bei dem eben angeführten Verfahren, geschieht es, dass das n' der schliesslich resultirenden Congruenz $n'\varphi \equiv r'$ (Mod. m) gegen den Coëfficienten n der zunächst vorhergehenden Congruenz $n\varphi \equiv r$ bedeutend klein ausfällt, dadurch würde d' gross und die Zwischenrechnung beschwerlich werden. Man kann jedoch die Congruenz $n'\varphi \equiv r'$ (Mod. m) in die Gleichung $n'\varphi = m\varphi' + r'$, und diese wieder in die Congruenz $m\varphi' + r' \equiv 0$

(Mod. n') oder $m\varphi' \equiv -r'$ verwandeln, woraus sich φ' somit auch $\varphi = \frac{m\varphi' + r'}{n'}$ leicht berechnen lässt. So kommt man z. B. bei der Verrechnung von $6336x = 9419y + 1$ nach *a)* zu $11\varphi \equiv -3712$ (Mod. 9419), was in $3\varphi' \equiv 5 \equiv -6$ (Mod. 11) übergeht, so dass man $\varphi' = -2$, $\varphi = -2050$ und $\psi = -1379$ erhält.

Vorträge.

Berichtigung über die Ala parva Ingrassiae.

Von dem w. M. Regierungsrath Hyrtl.

Fast in allen Beschreibungen des Keilbeins wird eine *Ala parva Ingrassiae* angeführt. Einige Autoren gebrauchen den Ausdruck im Plural, und bezeichnen mit diesem Namen kleine Knochenplättchen, welche öfters auf der *Spina angularis* des Keilbeins aufsitzen sollen. So z. B. Arnold[1]). Blumenbach[2]) sagt ausdrücklich, dass die *Alae parvae Ingrassiae* an der hinteren Seite der *Spina sphenoidalis s. angularis* anliegen, und citirt für die Berechtigung dieser *Alae*, pag. 75 des Commentars von *Ingrassias*. Andere gebrauchen das Wort im Singular, und verstehen unter ihm einen einfachen Fortsatz des Keilbeinstachels[3]).

Henle[4]) nennt *Ala parva Ingrassiae* die gesammte *Spina angularis* des Keilbeins, wenn sie ihre gewöhnliche, durch den Namen *Spina* ausgedrückte Gestalt, in eine breite, scharfkantige Gräte umwandelt, welche einem schmalen, abwärts gerichteten Flügel ähnlich wird. Sömmerring kennt die Ingrassischen Flügel gar nicht. Ebenso Meckel.

J. Phil. Ingrassias (nicht Ingrassia, wie er bei Burggraeve[5]) heisst), zu Rachalbuto in Sicilien im Jahre 1510 geboren, wurde

---

[1]) Handbuch der Anatomie des Menschen. 1. Bd. p. 390.

[2]) Geschichte und Beschreibung der Knochen, p. 160.

[3]) So J. Weber, Handbuch der Anatomie des menschlichen Körpers. 1. Bd. p. 105.

[4]) Handbuch der systematischen Anatomie. 1. Bd. p. 107.

[5]) Précis de l'histoire de l'anatomie. Gand, 1840, pag. 233.

zu Padua, 1537, zum Doctor promovirt. Bis zum Jahre 1560 war er Professor der Medicin und Anatomie zu Neapel, wo er alljährlich Eine Leiche zergliedern durfte, und wurde 1565 von König Philipp II. zum Protomedicus Siciliens ernannt. Seine Verdienste um die öffentliche Gesundheitspflege in Zeiten der Pest, lohnten seine dankbaren Mitbürger durch den Ehrennamen Hippocrates Siculus. Die Geschichte der Anatomie weiss von seinem Wirken nur wenig zu erzählen. Den Steigbügel des Gehörorgans soll er, so sagt Fallopia, zuerst gesehen, und *ossiculum deltoides* genannt haben. Von jenen Plättchen, Fortsätzen und Zacken, welche heut zu Tage seinen Namen führen, als *Alae parvae Ingrassiae*, wusste er kein Wort. In dem Wenigen, was er in seinem *Commentarius in Galeni librum de ossibus* [1]) im horribelsten Latein, über das Keilbein spricht, ist auch nicht das geringste über flügelförmige Anhängsel der *Spina angularis* zu finden, trotz des oben angeführten Blumenbach'schen Citates. Ingrassias kannte selbst die *Spina angularis* nicht, so wenig als Vesal derselben erwähnt. Die Abbildungen, welche den Text des achten Commentars begleiten, sind ein treffender Beleg dafür, dass man damals noch kein Auge für richtige Auffassung der Gesammtform eines Knochens, geschweige seiner untergeordneten Attribute hatte.

Nichts desto weniger ergibt sich aus der Durchsicht seiner Angaben über das Keilbein, und aus einer Vergleichung derselben mit jenen seiner Zeitgenossen über denselben Schädelknochen, dass ein Fortsatz am Keilbein (aber nicht an der *Spina* des Keilbeins) immerhin *Ala parva Ingrassiae* genannt werden kann. Dieser Fortsatz ist der schwertförmige Flügel unserer Tage. Galen, Vesal, und des letzteren Nachfolger, gebrauchten den Ausdruck „Flügel" nur für die absteigenden Fortsätze des Keilbeins. Daher ihr jetzt noch gebräuchlicher Name *Processus pterygoidei*. Was wir grosse Keilbeinflügel nennen, wurde nicht als πτερυγωδης benannt. Der Ausschnitt der absteigenden *Processus pterygoidei* liess sie insbesondere mit einem zackigen Fledermausflügel vergleichen *(alatos vespertilionum instar processus)*. Was wir heut zu Tage schwert-

[1]) Derselbe erschien zu Palermo im Jahre 1604, durch Nicol. Ingrassias, einen Enkel des sicilianischen Hippocrates.

förmige Flügel nennen, war den Alten gleichfalls zu unbedeutend, um sich mit Auffindung von Benennungen für sie zu plagen. Ingrassias scheute diese Mühe nicht. Er erwähnt der schwertförmigen Flügel, aber nicht unter diesem Namen, sondern setzt sie den Fledermausflügeln *(Processus pterygoidei)* entgegen, vergleicht sie ihrer horizontalen Lage, und ihrer glatten Flächen wegen, mit ausgespreizten Vogelflügeln, und nennt sie zwar nicht *Alae parvae*, wohl aber *Processus aliformes intrinsecos*. Die Stelle lautet: *Imprimis enim praedictos, avium alis simillimos processus videmus, quos non temere πτερυγοειδεῖς nuncupare possumus, latine aliformes, addento interim dictionem: intrinsecos s. superiores, ad aliorum processuum πτερυγοειδῶν extrinsecorum inferiorumque differentiam, quae non volucrum aviumque sed vespertilionum alis similes sunt* [1]).

Wenn also schon ein Ding im Schädel dazu beitragen soll, den Namen Ingrassias zu verewigen, so kann dieses nichts anderes sein, als der schwertförmige Flügel.

Ich finde beim Nachschlagen verschiedener älterer Anatomen, dass Winslow den Namen *Ala parva Ingrassiae* auf die schwertförmigen Flügel bezieht, und in Burggraeve's Geschichte der Anatomie heisst es über Ingrassias pag. 234: *Son nom est resté aux apophyses orbitaires du sphénoide.* Die französischen Anatomen nennen sehr häufig die schwertförmigen Flügel: *apophyses d' Ingrassia* [2]).

---

[1]) Comment. sext. pag. 76.

[2]) z. B. Cruveilhier, Traité d'anat. Tom. I. p. 121.

Prospectus helminthum, quae in parte secunda prodromi faunae helminthologicae Venetae continentur.

Auctore **Raphaële Molin**, Jadrensi,
in c. r. Universitate Patavina historiae naturalis p. o. professore.

(Auszug aus einer für die Denkschriften bestimmten Abhandlung.)

(Vorgetragen in der Sitzung vom 14. October 1858.)

Ordo. MYZELMINTHA.

SUBORDO. TREMATODA.

Tribus. Acotylea.

I. Genus. DIPLOSTOMUM.

1. **Diplostomum auriflavum** Molin.

Caput planum, obcordatum, magnum, antrorsum trilobum, lobo medio majori utrinque auriculis flavis, semilunaribus; margine basilari inflexo; os variabile, nunc orbiculare, nunc ovale. subterminale, anticum; apertura mascula orbicularis, minor, haud prominula; apertura feminea major, in papilla fungiformi, pedicellata; corpus fusiforme, capiti æquilongum; porus excretorius in apice caudali. Longit. 0·003. Lat. cap. 0·001.

Habitaculum. Ardea Nycticorax: in intestino tenui, Aprili, Patavii (Molin).

II. Genus. HOLOSTOMUM.

2. **Holostomum Cornucopia** Molin.

Caput ovatum, apice truncatum, margine exciso; corpus gibbosum, semicirculariter recurvatum, postice attenuatum; apertura feminea bursa protractilis, magna, cornucopiæfor-

Habitaculum. Clupea alosa: in intestinis, Junio, Patavii (Molin).

11. **Distomum excisum** Rudolphi. Char. emend.

Corpus teres, subcylindricum, crenatum, antrorsum incrassatum, retrorsum attenuatum (adultorum), cauda longa, retractili; os terminale, orbiculare, emarginatum, labio ventrali; collum cylindrium, crassum; acetabulum ore duplo minus, ad colli basim; apertura genitalis ori proxima, ad labii ventralis basim; penis longissimus, cylindricus, postice flexuosus, basi magnopere incrassatus. Longit. 0·003 — 0·010; crassit. 0·0002 — 0·001.

Habitaculum. Scomber Scomber: in ventriculo et intestinis, Julio, Patavii (Molin).

12. **Distomum gibbosum** Rudolphi.

Habitaculum. Belone Acus: in intestinis, Julio, Patavii (Molin).

13. **Distomum retroflexum** Molin.

Corpus teretiusculum, medio retroflexum; collum longiusculum; os terminale; acetabulum ore majus, pedicellatum, ad colli basim, apertura rimæformi, transversali. Longit. 0·002.

Habitaculum. Belone Acus: in intestinis, Junio, Patavii (Molin).

14. **Distomum papilliferum** Molin.

Corpus planum, inerme, longe ellipticum; os terminale, papillis quatuor cinctum; acetabulum prominulum, ori æquale, apertura rimæformi, transversali; apertura genitalis lateralis, media inter os et acetabulum; penis ovatus, transverse obliquus. Longit. 0·0035; lat. 0·007.

Habitaculum. Belone Acus: in intestinis, Junio, Patavii (Molin).

15. **Distomum echinatum** Zeder.

Habitaculum. Ardea Nycticorax: in intestino tenui, Aprili, Patavii (Molin).

16. **Distomum bilobum** Rudolphi.

Habitaculum. Ibis Falcinellus: in intestino tenui, Aprili et Majo, Patavii (Molin).

17. **Distomum Polonii** Molin.

Corpus spinulis minimis armatum, depressum, oblongo-ovatum; os terminale; acetabulum superum, sessile, eadem oris magnitudine; apertura genitalis ante acetabulum. Longit. 0·0002 — 0·004; lat. 0·0003 — 0·0008.

Habitaculum. Caranx trachurus: in intestinis, Julio, Patavii (Molin).

IV. Genus. GARTEROSTOMUM Siebold.

18. **Gasterostomum armatum** Molin.

Corpus teretiusculum, fusiforme, antice truncatum, spinulis exiguis armatum; acetabulum cornucopiæforme, terminale, anticum; os centrale, apertura rimæformi; penis irregulariter inflexus in vagina obovata. Longit. 0·004 — 0·006; crassit. maxima 0·0015 — 0·002.

Habitaculum. Conger Conger: in intestino tenui, omni anni tempore, Patavii (Molin).

Ordo. CEPHALOCOTYLEA.

Sectio. Paramecotylea.

SUBORDO. APROCTA.

Tribus. Agamoarhynchobothria.

V. Genus. SCOLEX.

19. **Scolex (Gymnoscolex) triqueter** Molin.

Corpus obconicum, quandoque fusiforme, antice truncatum; caput subtriquetrum, acetabulis quatuor orbicularibus, cruciatim oppositis et acetabulo terminali antico ex quo haustellum inerme. Longit. 0·0015 — 0·002.

Habitaculum. Belone Acus: in intestino, Majo, Patavii (Molin).

20. **Scolex (Gymnoscolex) Cornucopia** Molin.

Caput breviter fusiforme, bothriis quatuor longitudinaliter ellipticis; haustellum inerme, retrorsum vix constrictum, alveolo cornucopiæformi instructo; corpus obconicum, cellulis embryonalibus repletum. Longit. 0·001.

Habitaculum. Caranx trachurus: in intestinis, Julio, Patavii (Molin).

Tribus. Gamoarhynchobothria.

VI. Genus. TRIAENOPHORUS.

21. **Triaenophorus nodulosus** Rudolphi.

Habitaculum. Tinca italica: in cistibus ad peritoneum, Julio, Patavii (Polonio).

VII. Genus. TETRABOTHRIUM.

22. **Tetrabothrium (Anthobothrium) auriculatum** Rudolphi. Char. emend.

Caput bothriis cyathiformibus, undulato-crispis, breve pedicellatis, cruciatim oppositis; articuli supremi bacillares, sequentes subquadrati, ultimi elongati; aperturæ genitalium marginales, vage alternæ in foveola margini posteriori propinqua. Longit. 4 — 12"; lat. ultra 1".

Habitaculum. Torpedo marmorata: in intestino crasso, Majo, Patavii (Molin).

VIII. Genus. ONCHOBOTHRIUM.

23. **Onchobothrium (Calliobothrium) verticillatum** Rudolphi.

Habitaculum. Mustelus equestris: in intestino crasso, Majo, Patavii (Molin).

24. **Onchobothrium (Acanthobothrium) coronatum** Rudolphi.

Habitaculum. Torpedo marmorata: in intestino, Majo Patavii (Molin).

Tribus. Gamorhynchobothria.

IX. Genus. RHYNCHOBOTHRIUM.

25. **Rhynchobothrium corollatum** Rudolphi. Char. emend.

Caput antice truncatum, bothriis duobus marginalibus, ovatis, apice truncatis, convergentibus, centro scrobiculatis; collum longissimum, depressiusculum, postice dilatatum; corpus antice capitelliforme incrassatum; articuli supremi rugæformes, marginibus rotundatis, postremi transverse parallelogrammici, marginibus convexis; penes marginales, vage alterni, cylindrici, leves, basi incrassati, e papilla maxima mediana prominuli; aperturæ genitales femineæ laterales, in medio lateris postici. Longit. cap. 0·001; colli 0·010; corporis ad 0·025. Lat. cap. 0·001; colli 0·005; corporis 0·003.

Habitaculum. Mustelus equestris: in intestino crasso, Majo, Patavii (Molin).

Sectio. Cyclocotylea.

SUBORDO. APROCTA.

Tribus. Gamocyclocotylea.

X. Genus. TAENIA.

26. **Taenia dispar** Zeder.

Habitaculum. Bufo vulgaris: in intestino crasso, Martio, Patavii (Polonio).

27. **Taenia Malleus** Goeze.

Habitaculum. Phasianus Gallus: in intestino, Julio (Molin).

28. **Taenia multiformis** Creplin.

Habitaculum. Ardea Nycticorax: in intestino tenui, Aprili, Patavii (Molin).

Ordo. RHYNGODEA.

SUBORDO. APROCTA.

Tribus. Acanthocephala.

XI. Genus. ECHINORHYNCHUS.

29. **Echinorhynchus incrassatus** Molin.

Proboscis medio incrassata, aculeorum seriebus 10, anticis 6 aculeorum majorum, 4 posticis ab illis disjunctis aculeorum minorum; collum breve, inerme; corpus inerme, vix inflexum, antice elliptice incrassatum; bursa maris medio plica funiculi undulati ad instar cincta, limbo laciniato; penis lanceolatus, e centro bursæ apice prominulo. Longit. mar. 0·003; crassit. 0·0005. Longit. fem. 0·008; crassit. 0·001.

Habitaculum. Gobius Paganellus: in intestinis, Junio, Patavii (Molin).

30. **Echinorhynchus flavus** Molin.

Proboscis cylindrica, uncinorum seriebus 11, anticis 8 uncinorum majorum, 3 posticis uncinorum minorum; collum brevissimum, inerme; corpus inerme, subcylindricum, flavum; bursa maris hemisphærica. Longit. mar. 0·005; crassit. 0·0008 Long. fem....

Habitaculum. Pagellus erythrinus: in intestino, Julio, Patavii (Molin).

31. **Echinorhynchus de Visianii** Molin.

Proboscis cylindrica, uncinorum seriebus 12, anticis 8 majorum, 4 posticis minorum; collum inerme, conicum, breve; corpus inerme, flavum, antice incrassatum, postice attenuatum. Longit. mar. 0·003 — 0·004; crassit. 0·0005. Longit. fem. 0·007 — 0·008; crassit. 0·001.

Habitaculum. Gobius Paganellus: in intestino tenui, Julio, Patavii (Molin).

32. **Echinorhynchus contortus** Molin.

Proboscis medio constricta, antice ovata, apice truncata, postice conica, uncinorum seriebus 31 armata, 7 anticis uncinorum

majorum, reliquis minorum; collum nullum; corpus cylindricum, inerme, irregulariter contortum, albidum, retrorsum attenuatum. mar. 0·019; fem. 0·026; crassit 0·001.

Habitaculum. Strix flammea (?): in intestino tenui, Junio, Patavii (Molin).

33. **Echinorhynchus lateralis** Molin.

Proboscis clavata, uncinorum seriebus circiter 40, inflexa; collum breve, inerme; corpus semicirculariter inflexum, antrorsum armatum, retrorsum valde attenuatum; apertura genitalis antę apicem caudalem obtusum, coronulis 4 spinularum brevissimarum armatum; bursa maris subsphærica, apertura stellari. Longit. mar. 0·003; fem. 0·004; crassit. 0·0005.

Habitaculum. Belone Acus: in intestinis, Julio, Patavii (Molin).

34. **Echinorhynchus solitarius** Molin.

Proboscis cylindrica, basi reflexa, uncinorum seriebus 12, anticis 8 uncinorum majorum, 4 posticis minorum; collum breve, inerme; corpus clavæforme, aculeis minimis, facillime deciduis, postice evanescentibus armatum. Longit. mar. 0·006; fem. 0·005 — 0·010; crassit. 0·0005 — 0.001.

Habitaculum. Conger Conger: in ventriculo et intestino tenui, omni anni tempore, Patavii (Molin).

35. **Echinorhynchus Proteus** Westrumb.

Habitaculum. Leuciscus cavedanus: in ventriculo et intestino, Junio, Patavii (Molin).

36. **Echinorhynchus roseus** Molin.

Proboscis fusiformis, apice rotundata, basi reclinata, uncinorum seriebus 36, seriebus 3 uncinorum majorum medio interruptis; collum fusiforme, inflexum, basi rugosum, antice inerme, hinc seriebus circiter 80 uncinorum minorum echinatum; corporis pars anterior ellipsoidice magnopere incrassata, lineis duabus roseis lateralibus signata, pars posterior longa, cylindrica, filiformis. Longit. prob. 0·0015; coll. 0·003; crassit.

0·0005. Longit. part. incras. 0·002; crassit. 0·001. Longit. part. filif. 0·010; crassit. 0·0002.

Habitaculum. Cantharus vulgaris: in ventriculo. Julio. Patavii (Molin).

Species inquirenda.

37. **Echinorhynchus Putorii (abdominalis)** Molin.

Habitaculum. Mustela Putorius: inter tunicas arteriae in cavo abdominis, Decembri, Patavii (Molin).

Ordo. NEMATOIDEA.

SUBORDO. PROCTUCA.

Tribus. Gamonematoidea.

Sectio. Hypophalli.

XII. Genus. OXYURIS.

38. **Oxyuris mucronata** Molin.

Caput epidermide inflata; os orbiculare; corpus utrinque attenuatam, antice truncatum; extremitas caudalis maris . . .; vagina penis . . .; extremitas caudalis feminæ acute conica, apice mucronato; apertura vulvae in posteriore (?) corporis parte. Longit. fem. 0·011 — 0·015; crassit. 0·0002.

Habitaculum. Bufo vulgaris: in intestino crasso, Martio, Patavii (Polonio).

XIII. Genus. ASCARIS.

39. **Ascaris commutata** Diesing. Char. auct.

Caput nudum, epidermide stricte adnata; os labiis in conum centralem collectis, singulum papilla marginali noduliformi; corpus utrinque attenuatum (maris), spiraliter tortum (feminæ), inflexum; extremitas caudalis maris longe subulata, papillis longitudinaliter biserialibus, noduliformibus utrinque 7; vagina penis dipetala, cruribus ligulæformibus, arcuatis, brevibus; extremitas caudalis feminæ acute conica, longe subulata; apertura vulvæ in medio corporis sita. Longit. mar. 2½‴; fem. 3 — 4‴; crassit. ½‴.

Habitaculum. Bufo vulgaris: in intestino recto, Martio, Patavii (Polonio).

40. **Ascaris minuta** Molin.

Caput apterum, epidermide stricte adnata; os trilabiatum, labiis exiguis, singulum papilla centrali; corpus antrorsum attenuatum; extremitas caudalis maris . . .; vagina penis . . .; penis . . .; extremitas caudalis feminæ apice mucronata, vesicula pone ani hiatum. Longit. fem. 0·010; crassit. 0·0002.

Habitaculum. Platessa Passer: in intestinis, Junio, Patavii (Molin).

41. **Ascaris compar** Schrank. Char. emend.

Caput nudum; os labiis rotundatis, singulum papilla centrali; corpus tenuissime transversim striatum, utrinque æqualiter attenuatum, subrectum; extremitas caudalis maris recta, oblique truncata, papilla magna fungiformi, annulo calloso basilari, et circulo externo papillarum minorum cincta, seriebus duabus lateralibus, singula 4 papillarum, papillaque 1 intermedia pone aperturam genitalem epidermide trasparenti obtectis; apertura genitalis prominula, circulo papillarum minorum cincta; vagina penis dipetala, cruribus brevibus, linearibus; extremitas caudalis feminæ conica, recta; apertura vulvæ . . . . Longit. mar. 1½ — 2"; fem. 3½ — 4"; crassit. ad 1".

Habitaculum. Perdix Coturnix: in intestino tenui, Junio, Patavii (Molin).

42. **Ascaris aduncа** Rudolphi.

Habitaculum. Alosa vulgaris: in intestino, Junio, Patavii (Molin).

43. **Ascaris Acus** Bloch.

Habitaculum. Belone Acus: in intestinis, Junio, Patavii (Molin).

44. **Ascaris nigrovenosa** Rudolphi.

Habitaculum. Pelophilax esculentus: in pulmonibus, Aprili, Patavii (Polonio).

XIV. Genus. HETERACIS.

45. **Heteracis vesicularis** Dujardin.

Habitaculum. Perdix Coturnix: in intestino coeco, Junio, Patavii (Molin).

XV. Genus. DISPHARAGUS.

46. **Dispharagus contortus** Molin.

Os bilubiatum, labiis papillæformibus, exiguis; corpus subcylindricum, utrinque attenuatum, densissime transversim annulatum, irregulariter contortum; extremitas anterior plica epidermoidali in funiculos 4 parallelos, rectos, longitudinaliter dispositos, binis antice et postice alternatim conjunctis inflata; extremitas caudalis maris inflexa, apice obtuso, utrinque limbis amplis semilunaribus, transversim striatis, singulus in posteriori tertia parte papillis 7 filiformibus apicibus incrassatis; vagina penis monopetala, brevis, subcylindrica, apice incrassato uncinato; penis filiformis, longus; extremitas caudalis feminæ appendice brevi, obtuso-conica, laterali; hiatus ani in apice caudali obtuso; hiatus vulvæ ante anum, in extrema posteriori corporis parte, appendici caudali oppositus. Longit. mar. 0·007 — 0·008; crassit. 0·0002. Longit. fem. 0·019; crassit. 0·0004.

Habitaculum. Ibis Falcinellus: in ventriculo musculari sub epidermide, Aprili, Patavii (Molin).

XVI. Genus. TROPIDOCERCA.

47. **Tropidocerca gynecophila** Molin.

Os terminale, minimum, papillosum; caput corpore continuum; corpus maris circumflexum, utrinque, antrorsum valde attenuatum, apice truncatum; extremitas anterior nodulis duobus lateralibus, singulus spinula centrali retroflexa; caudalis maris acuminata, apice truncato; organa genitalia externa nulla; corpus feminæ sphærice incrassatum. Longit. mar. 0·010; crassit. 0·001.

Habitaculum. Ardea Nycticorax: in cistibus externe ad echinum, Aprili, Patavii (Molin).

XVII. Genus. CUCULLANUS.

48. **Cucullanus papilliferus** Molin.

Caput papillis 4 obsitum, incrassatum, valvulis ellipticis, longitudinaliter striatis; corpus retrorsum attenuatum, transversim vittatum, papilla sphærica centrali infra caput præditum; extremitas caudalis maris . . .; caudalis feminæ attenuata, apice mucronata; apertura vulvæ in posteriori corporis parte, labiis magnis prominulis, labium anterius majus. Longit. mar. . . .; fem. 0·017; crassit. 0·0005.

Habitaculum. Accipenser Sturio: in ventriculo, Majo, Patavii (Molin).

XVIII. Genus. DACNITIS Dujardin. Char. emend.

Caput corpore continuum; os papillosum, bilabiatum, labiis magnis; extremitas caudalis maris seriebus duabus papillarum; vagina penis dipetala; apertura genitalis feminæ bilabiata, in posteriori corporis parte. — Piscium endoparasita.

49. **Dacnitis attenuata** Molin.

Corpus subcylindricum, antrorsum attenuatum, leve; extremitas anterior truncata; os papillis 6 noduliformibus; extremitas caudalis maris . . .; vagina penis . . .; penis . . .; extremitas caudalis feminæ conica, apice breviter mucronato; apertura vulvae in posteriori corporis parte, labiis maximis, salientibus; hiatus ani lateralis, labio postico magno, prominulo. Longit. mar. . . .; crassit. . . . Longit. fem. 0·007; crassit. 0·0004.

Habitaculum. Leuciscus cavedanus: in intestino, Junio, Patavii (Molin).

XIX. HYSTRICHIS Dujardin. Char. aucto.

Caput discretum, cæsticilliforme, incrassatum, echinatum, et corpus filiforme, antrorsum echinatum, spinulis retroflexis imbricatis; os terminale, orbiculare, inerme vel armatum; ex-

tremitas caudalis maris...; vagina penis...; penis...; extremitas caudalis feminæ apice incrassato, obtuso; anus terminalis, orbicularis; apertura vulvæ in extrema posteriori corporis parte, lateralis, ante anum. — Avium endoparasita.

50. **Hystrichis orispinus** Molin.

Caput discretum, cæsticilliforme, incrassatum, spinulis triangularibus, longis, imbricatis echinatum; os orbiculare. in apice coni truncati protractilis, inermis, spinulis quatuor brevissimis, cruciatim appositis armatum; corpus subcylindricum, utrinque sensim attenuatum; extremitas anterior echinata spinulis triangularibus longis, antice crebris imbricatis, retrorsum sensim evanescentibus; extremitas posterior densissime transversim annulata, inflexa, apice incrassata, truncata; anus orbicularis, terminalis; apertura vulvæ in extrema posteriori corporis parte, lateralis. Longit. fem. 0·025 — 0·044; crassit. 0·0005 — 0·001.

Habitaculum. Ibis Falcinellus: inter tunicas echini, in ductu proprio, Aprili et Majo, Patavii (Molin).

XX. Genus. LECANOCEPHALUS. Diesing Char. aucto.

Corpus subcylindricum, spinulosum, antice truncatum; caput strictura in qua annulus corneus a reliquo corpore discretum, patellæforme; os terminale, retractile, trilabiatum, labiis patentibus, depressis; extremitas caudalis maris conica, inflexa; vagina penis tubulosa; penis duplex, cruribus ensiformibus; extremitas caudalis feminæ recta, rotundata; apertura vulvæ in anteriori corporis parte. — Piscium endoparasita.

51. **Lecanocephalus Kollari** Molin.

Corpus subrectum, spinulosum, spinulis conicis, antice minimis, postice increscentibus, antrorsum attenuatum, truncatum, retrorsum incrassatum; caput patellæforme, annulo corneo in strictura a reliquo corpore discretum; os retractile, trilabiatum. labiis depressis, levibus, antice excisis; extremitas caudalis maris inflexa, conica, spinulis minoribus, apice mucronata; vagina penis brevis, tubulosa, ante apicem caudalem; penis

duplex, cruribus longis recurvatis; extremitas caudalis feminae recta, rotundata, spinulis decrescentibus, apice mucronato mucrone valido, basi incrassato; apertura vulvae in anteriori corporis parte, prominula. Longit. mar. 0·011; crassit. 0·002. Longit. fem. 0·008; crassit. 0·0015.

Habitaculum. Chrysophris aurata: in ventriculo, Julio, Patavii (Molin).

XXI. Genus. TRICHOSOMUM.

52. **Trichosomum spirale** Molin.

Corpus capillare, spiraliter tortum, antice sensim attenuatum, retrorsum increscens; os terminale, orbiculare, minimum, annulo saliente cinctum; extremitas posterior attenuata; caudalis maris . . .; vagina penis . . .; penis . . .; extremitas caudalis feminae apice obtuso; apertura vulvæ prominula, in anteriori corporis parte. Longit. fem. 0·013.

Habitaculum. Ibis Falcinellus: in ventriculo (?) Majo, Patavii (Molin).

XXII. Genus. FILARIA.

53. **Filaria quadrispina** Molin.

Caput corpore continuum, spinulis 4 retroflexis circa os orbiculare, minimum, cruciatim dispositis armatum; corpus subcylindricum, subrectum, densissime transversim annulatum, utrinque attenuatum; extremitas caudalis maris inflexa, utrinque alata, alis semilunaribus latis sed brevibus, transversim striatis, singula paribus 6 papillarum minimarum; vagina penis monopetala, longa, filiformis, acuminata; penis longissimus, filiformis; extremitas caudalis feminæ sensim attenuata, apice obtuso, uncinato; hiatus ani lateralis; apertura vulvæ in anteriori corporis parte (?). Longit. mar. 0·007; crassit. 0·0001. Longit. fem. 0·010; crassit. 0·0002.

Habitaculum. Ibis Falcinellus: sub epidermide ventriculi, Aprili et Majo, Patavii (Molin).

Sectio. Aerophalli.

XXIII. Genus. TRICHOCEPHALUS.

54. **Trichocephalus dispar** Rudolphi.

Habitaculum. Homo sapiens: in intestino coeco, Junio, Patavii (Polonio).

XXIV. Genus. CALODIUM.

55. **Calodium caudinflatum** Molin.

Corpus capillare, maris utrinque, feminae retrorsum attenuatum; extremitas caudalis maris epidermide in bullam magnam ellipsoidicam, transparentem inflata; vagina penis tubulosa, transversim striata, penisque filiformis longissimi e bursa terminali in apice caudali sursum excisa mucroni brevi opposita extantes; extremitas caudalis feminae apice rotundato; hiatus ani subterminalis, lateralis; apertura vulvae bursa prominula in anteriori corporis parte, hiatu bilubiato, labio interno longiori. Longit mar. 0·017; fem. 0·025.

Habitaculum. Perdix Coturnix: in intestino tenui, Junio, Patavii (Molin).

Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte.

Von **Dr. Fr. Unger.**

(Vorgetragen in der Sitzung vom 11. November 1858.)

III. Die Pflanze als Zaubermittel.

Wer weiss es nicht, dass Zauberei noch immer, selbst in unseren Tagen, kein leeres Wort ist, nicht nur bei rohen Völkern in Ansehen steht, sondern selbst bei gebildeten Nationen ausgeübt wird und Anklang findet.

Zwar hat die Wissenschaft von der einen, der Glaube an eine vorsehende Weltregierung von der anderen Seite fort und fort gegen diesen abstrusen Feind der Aufklärung gekämpft, aber derselbe hat zu mächtige Anhaltspunkte in der Brust des Menschen, um ihn so leicht zu schwächen und vollends zu vernichten.

Das Festhalten an Zauberei beruht im letzten Grunde sicherlich auf zwei freilich ganz irrigen, aber eben nicht so leicht widerlegbaren Vorstellungen, nämlich auf der Vorstellung, dass den Körpern ausser den bekannten physicalischen Kräften auch noch andere Naturkräfte, die wir nicht kennen und auch nicht zu erkennen vermögen, zukommen, und zweitens, dass moralische Kräfte auf physische Kräfte directen Einfluss zu nehmen im Stande sind und diese in ihren Wirkungen zu bestimmen vermögen.

Nicht Dinge und Begebenheiten, die wir täglich wahrnehmen, wohl aber solche, die sich seltener ereignen und von ungewöhnlicher Natur sind, sind von je her als Träger besonderer Kräfte und für ausserordentliche Wirksamkeiten angesehen worden. Als solche können Meteoriten, seltsame Gewächse, Missbildungen ungewöhnlicher

Art, Gestirne durch ihre Lichterscheinungen und Constellationen die Aufmerksamkeit erregend, im Allgemeinen bezeichnet werden.

Nicht weniger hat sich aber auch die Überzeugung festgestellt, dass besonders begabte Menschen im Besitze übernatürlicher Kräfte stehen, welche geltend zu machen in ihrer Willkür liegt, und die sie auch auf sonst wirkungslose Substanzen zu übertragen die Macht besitzen. Die Propheten, die Magier und Zauberer, die durch die Macht des Wortes, durch Berührung, ja selbst durch die gewissen Dingen (Stäben, Amuleten, Liebestränken u. s. w.) mitgetheilten Kräften Wirkungen hervorbringen, welche von den Wirkungen bekannter Kräfte ganz und gar abweichen, sind es, denen eine solche Begabung zugestanden wurde.

Die Ablenkung des Blitzes von dem Hause, worauf der Donnerbart wächst, die Sicherung vor feindlichen Waffen durch das Amulet, das Hervorrufen von Quellen aus dürren Felsen durch den Stab *(Rhea, Moses)* [1]) die Erweckung der Todten durch die Macht des Wortes u. s. w. sind durchaus Wirkungen, die weder in der bekannten und möglichen Wirkungsweise der Natur- noch der Willenskräfte liegen.

Ziehen wir die Geschichte der Völker, vorzüglich das in den Sagen aufbewahrte Gemüthsleben derselben zu Rathe, so kann uns nicht entgehen, dass Zauberei und Wunderglaube dort am meisten blüht, wo sich die Cultur kaum über die ersten Stufen erhebt, oder wo sie von einer höheren Stufe wieder auf eine tiefere niedergesunken ist. Da aber die Ausbildung des Geistes bei einem bereits in höherer Entwickelung begriffenen Volke nicht ebenmässig vor sich geht, auch nicht ohne Oscillationen erfolgt, und stets durch die individuelle Anlage und durch verschiedene äussere Einwirkungen bestimmt wird, so ist es nicht zu wundern, wenn die ursprüngliche Hinneigung zum Wunderglauben und zur Zauberei sich auch bei sogenannten gebildeten Nationen findet und selbst mit den kräftigsten Hebeln der Cultur nicht ganz ausgerottet werden kann. Wie lange ist es her, dass unter unseren Augen das leblose Holz schrieb und die Schicksale der Menschen und Weltbegebenheiten verkündete, und wo ist irgend eine grössere Gemeinschaft von Menschen in den

[1]) Den Quell Neda am Lykaion und den Quell am Sinai.

cultivirtesten Theilen der Erde zu finden, die nicht öffentlich oder geheim ihre Orakel in dieser oder jener Form besässe.

Sowohl Zauberei als Wunderthätigkeit beruhen auf vermeintlicher Beherrschung der Naturkräfte, um gewisse, nicht in ihnen sondern in dem Willen des Handelnden liegende Wirkungen hervorzubringen, oder um die Natur zu veranlassen, die in ihr befindlichen höheren Kräfte, selbst solche von moralischer Beschaffenheit, zu offenbaren. Hiebei wirkt der Zaubernde entweder aus eigener Machtvollkommenheit, erhaben über die physische und moralische Natur, oder nur als Bevollmächtigter eines höheren Wesens, im Namen der allvermögenden Gottheit, die man sich hiebei jedenfalls als willkürlich schaltend und waltend vorstellt. Gegensätze dieser Art bildet die Zauberei der Esthen, der Finnen und aller Völker, wo das Schamanenthum blüht mit der Zauberei der scandinavischen und überhaupt der indogermanischen Völker. Der dem Menschen angeborne Hang der Erhebung über sich, der Selbstvergötterung, lässt ihn hier entweder mit der Gottheit gleichgestellt oder doch wenigstens zu ihr emporgehoben wirksam werden und ihn so mittelbar oder unmittelbar in den Gang der Natur und in die Schicksale des Menschengeschlechtes eingreifen.

Eine andere Richtung der Zauberei und Wunderthätigkeit besteht in der Voraussicht zukünftiger Begebenheiten und Schicksale der Menschen und wird Weissagung oder Wahrsagung genannt. Eine ungewöhnliche tiefe, wenn auch nicht klare Anschauung der Weltbegebenheiten, das Ahnen einer gewissen Gesetzmässigkeit derselben, verbunden mit einem unwiderstehlichen Drange, die inneren lebendigen Anschauungen zu offenbaren, hat die Wahrsagerei, das Prophetenthum erzeugt. Da dasselbe gleichfalls vorzüglich im Gefühlsleben wurzelt, so ist es begreiflich, wie es sich gleich der Zauberei nur im Jugendzustande des Volkslebens ausbilden konnte. Wenn aber das Prophetenthum auf einer ungewöhnlichen Begabung im Durchblicken des Weltlaufes beruht, hat die Weissagung durch das Orakel immer einen düsteren mysteriösen Hintergrund und stützt sich bei weitem mehr als jene auf die Mitwirkung von unbekannten zur Hilfe gezogenen Kräften.

Hat der einfache, rohe Mensch ein Bestreben, sich die Macht der Gottheit anzumassen und werkthätig in die Begebenheiten seiner Geschichte einzugreifen, so ist es natürlich, dass er auch einen eben

solchen Drang der Vorhersehung der Schicksale besitzt, um sich über dieselben zu stellen und sie somit beherrschen zu können. Zauber und Orakel reichten sich immer die Hände.

Erfahrungsgemäss hat indess weder der eine noch das andere ihre Wirksamkeit ohne Anwendung besonderer Mittel bewerkstelliget. Ist es der Blick, die Miene, die Geberde und die Rede einerseits, durch welche besonders die inneren ungewöhnlichen Erregungszustände ihre höhere Macht beurkundeten, so wurden nichts desto weniger häufig auch äussere Gegenstände als Träger besonderer Kräfte oder als Mittel bei Hervorrufung und Unterstützung ekstatischer Zustände in Anwendung gebracht und je nach der individuellen Anschauungsweise von höherer oder niederer Wirksamkeit erachtet.

Unter diesen zaubermächtigen Substanzen und Mitteln spielen die Pflanzen eine nicht unbeträchtliche, in mancher Beziehung sogar hervorragende Rolle. Viele derselben haben diesfalls einen ausgezeichneten Ruf erlangt und sich in gewissen Schichten selbst gebildeter Nationen noch bis jetzt erhalten. Ich möchte nicht zweifeln, dass der Grund davon wenigstens zum Theil in der Eigenthümlichkeit der Pflanzennatur, so wie in der ursprünglichen Auffassungsweise derselben liegt, die sich bei näherer Betrachtung als eine höchst naive und tiefsinnige darstellt.

Von allen Wesen, welche den Menschen umgeben, zeichnen sich bei tiefer eingehender Betrachtung die Gewächse durch ihre allmählich und unvermerkt vor sich gehende Grösse- und Gestaltveränderung der Art aus, dass sie selbst dem Unkundigsten als eine gesetzmässig fortschreitende, von einem Principe beherrschte und an feste Normen gebundene erscheinen muss. Was ist natürlicher als den Grund dieser Erscheinung einer inneren Einheit, einer Beseelung zuzuschreiben, und dieselbe für nichts anders als für die Wirkung eines im Verborgenen thätigen Waltens — als eine sinnvolle Erscheinung eines tiefsinnigen bewussten Lebens zu betrachten. Denn der Mensch ist ursprünglich viel mehr geneigt, seine Natur überall ausser sich wieder zu finden, sich mit derselben zu identificiren, als sich von dieser abzusondern und dem Wesen nach für verschieden zu halten. Aus dieser in unserer Natur und Anschauungsweise liegenden Eigenthümlichkeit entsprang nicht nur die bei allen Völkern mehr oder minder klar hervortretende Ansicht von der

Beseelung der Pflanzen, sondern selbst von einer höheren Begeistigung derselben; ja sie galt als der sprechendste Ausdruck unerforschlich mächtigen Lebens und Wirkens. Die sich in die stille Pflanzengestalt kleidende und durch sie wirksame Gottheit wurde daher bald ein Gegenstand der Verehrung, und so entstand ein Cultus der Pflanzen, der vorzüglich auf die durch ihre Masse und Lebensdauer imponirenden baumartigen Gewächse überging. Welchen Umfang der Baumcultus bei allen begabteren Nationen des Alterthums hatte, die sich durch höhere Culturzustände hervorthaten, hat C. Böttticher auf umfassende Weise dargethan [1]). Es geht daraus hervor, wie die ursprünglich naiven Anschauungen sich allmählich erweiterten und ausbildeten, der Religion und Kunst ihren eigenthümlichen Charakter ertheilten und so eine der tiefsten und ergiebigsten Quellen des Wunderglaubens und der Zauberei wurden.

Baumzweige sind es, mit welchen die Magier bei den Medern und Scythen weissagten [2]), von deren höherer Wirksamkeit sich selbst das auserwählte Volk Gottes nicht ganz trennen konnte [3]). Mit Baumzweigen wurde bei den meisten Völkern Orakel gehalten, und die delphische Priesterin bekränzt sich mit einem Lorbeerzweig. Noch bis in das fernste Mittelalter behält der Baumzweig als Wünschelruthe seine Bedeutung und Wunderkraft. —

Diese wenigen Fingerzeige auf das Allgemeine mögen genügen, um auf die Bedeutung der Pflanze als Zaubermittel hinzuweisen, als welches sie von den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage gedient hat,

---

[1]) Der Baumcultus der Hellenen. Berlin 1856.

[2]) Die medischen Magier vollzogen mit Aglaophotis *(Haoma?)* die Götterbeschwörungen, und Herodot erzählt (IV, 67): Wahrsager sind bei den Scythen viele, welche mit vielen Weidenruthen (*ῥαβδίοις*) so wahrsagen. Erst holen sie grosse Bündel von Ruthen, welche sie dann auf den Boden legen und aus einander schütteln, und nun legen sie Ruthe bei Ruthe und weissagen; unter diesem Sprechen aber schütteln sie wieder die Ruthen unter einander und legen sie dann abermals Ruthe für Ruthe zusammen. Das ist ihre altväterliche Wahrsagung. Die Enarier aber, die Weibmänner, sagen, Aphrodite gebe ihnen die Wahrsagung. Diese wahrsagen mit Lindenbast. Erst nämlich spaltet Einer den Bast dreifach, und während er ihn zwischen seinen Fingern herumwickelt und dann wieder herauszieht, gibt er seinen Spruch.

[3]) Zornentbrannt schilt Hosea über seines Volkes Sündenschande, Orakel aus Bäumen zu erforschen, indem er sagt: „Mein Volk fragt sein Holz und sein Stab soll ihm weissagen."

und daran die Frage zu knüpfen, in welcher Weise wohl die Beschaffenheit derselben mit der vermeintlichen Zauberwirkung in Verbindung stehen mochte.

Die Pflanzenwelt, welche dem Menschen nach so vielen Seiten hin unentbehrlich ist, welche sich in dessen verschiedenste Verhältnisse auf die mannigfaltigste Weise verflochten hat, sehen wir hier wie am Gitter einer Todtengruft emporklettern und selbst in die Nachtseite seines Lebens hineinranken. Wie ist ihr sonst so freundliches Wesen hier auf einmal den dunkeln Mächten unterthan? Wie lässt sich dieser düstere Charakter aus ihren lieblichen, segenbringenden Eigenschaften ableiten?

Ohne Zweifel ist es nur eine gewisse Summe von Pflanzen, die sich als Zauberpflanzen Geltung verschafft hat. Diese kennen zu lernen, wollen wir in der Geschichte zuerst Umschau halten, aber darauf gefasst sein, nicht immer sicheren Spuren zu folgen, die uns über ihre Natur, ihre Anwendung und ihre Bedeutsamkeit die nöthige Aufklärung verschafften. Ist in der Geschichte der Pflanzen, die dem Menschen als Gefährten und Hebel der Cultur vom Anbeginn seines Daseins an zur Seite standen, so vieles zweifelhaft und in einen undurchdringlichen Nebel gehüllt, so dürfen wir auch hier nicht erwarten, leicht durch den Schleier zu blicken, der um so undurchdringlicher gewoben ist, je sorgfältiger man das Mysterium zu verhüllen bemüht war.

Beginnen wir mit den frühesten Zuständen des Alterthumes, so treten uns zwei Frauen als vorzügliche Kennerinen und Machthaberinen von Zauberpflanzen zuerst entgegen: Medea, die Tochter der gefürchteten Hekate, die Regentin der Unterwelt und Vorsteherin aller bösen Dämonen und die zauberische Circe (κιρκη), die mit bethörenden Säften und ihrem Stabe was sich ihr naht, in Wölfe, Löwen und Schweine verwandelt [1]). Den Zaubergarten der ersteren in welchem viele giftige Kräuter und Arzneipflanzen angebaut wurden, kennen wir nicht näher und was die Säfte betrifft, deren sich letztere, welche noch in späterer Zeit als Königin aller Zauberinen galt, bediente, so ist es mehr als zweifelhaft, ob wir dieselbe von

---

[1]) Odyss. X. 212. — Die Weiber der Buschmänner in Afrika verstehen die Kunst sich selbst in Löwen, Hyänen und andere Raubthiere zu verwandeln (Andersson).

einer später näher zu betrachtenden Pflanze — der *Mandragora* — abzuleiten haben.

Gegen Circe's Zaubereien, die wahrscheinlich in nichts anderem als in der Anwendung von narkotischen, trunkenmachenden Pflanzen bestanden, war schon im Alterthume im Moly *(Allium magicum L.)* ein Gegenmittel bekannt, welches Odysseus empfahl und das sich später sogar den Ruf einer Panacee erwarb, nach Theophrast zur Abhaltung vieler Krankheiten diente [1]), ja diesen Ruf noch bis heutigen Tages in Griechenland bewahrt.

Mit dem Moly war aber auch der Knoblauch *(Allium sativum)* im alten Griechenlande als Mittel gegen Zauberei, gegen neidische Augen, gegen Unglück u. s. w. in Anwendung; Kindern wurde er als Amulet eingebunden, Schiffer bewahrten ihn in Säckchen bei sich.

Das eigentliche Land der altgriechischen Zauberei ist Thessalien. Thessalische Weiber sind es, deren Salbe nach Lucian und Apulejus den Menschen in einen Vogel, Esel oder in einen Stein verwandeln konnte. Thessalische Weiber waren im Stande durch die Lüfte auf Buhlschaften auszufliegen. Die thessalische Erichto ist als Zauberin so berühmt wie Circe.

Neben den thessalischen Zauberkräutern, deren sich jene Zauberinen vorzugsweise als Mittel ihrer geheimen Macht bedienten, finden sich bei ältern Schriftstellern auch colchische und iberische Zauberkräuter am meisten erwähnt. Sollten die pontischen Iberier, die ihre Abkunft aus Thessalien herleiten, auch ihre Zauberkräuter von da mitgenommen haben?

Speciellere Kenntniss von den Zauberkräutern erhalten wir durch die Römer. Hier kommt ein Achaemenis [2]) vor, dessen Wirkung Bekenntniss des Verbrechens, oder unter die Feinde geworfen, Verbreitung von Furcht und Schrecken ist; ferner ein Melampodium, welches schon der berühmte Zauberer Melampus als Zaubermittel brauchte und das von vorzüglicher Kraft ist. Eben so ist die gegen den Scorpionsbiss schützende Sideritis und die Frieden und Gesundheit herbeiführende Verbena zu erwähnen.

---

[1]) *Μῶλυ ἀπο τοῦ μωλεύειν τας νόσους.*

[2]) Von *ἀχεύω* doleo.

Weder von diesen noch von andern Zaubergewächsen, deren Plinius erwähnt, hat es bisher geglückt, sie auf bisher bekannte Pflanzenarten zurückzuführen; noch viel weniger war man im Stande aus andern, noch unbestimmtern Angaben, wie z. B. aus dem äthiopischen Kraute, welches Flüsse zu trocknen und Schlösser zu öffnen im Stande ist, oder von der Pflanze, durch welche nach Juba in Arabien ein todter Mensch ins Leben zurückgerufen worden sei, irgend eine bestimmte Pflanze zu erkennen.

Indess hat auch die Zauberei der Römer unter welchen gleichfalls wieder Frauen, wie Canidia, Pamphile u. s. w. als Koryphäen erscheinen, zur Salbenbüchse und Kräutersäften gegriffen, und der Flug auf Liebesabenteuer kommt auch bei diesen vor. —

Kein Zeitalter war jedoch so reich an Zauberwirkungen als das alexandrinische, welches mit dem Verfall der Wissenschaft sich ganz besonders durch ein Haschen nach Ausserordentlichem, Wunderbarem, Zauberhaftem, nach allem, was die Macht des Menschen über die Natur und seine Mitmenschen zu steigern versprach, auszeichnet. „Nur das in der Natur, was durch seine Seltenheit oder durch die Merkwürdigkeit seiner Wirkung überraschte, Staunen erregte, fand man der Beachtung werth, ohne nach den Ursachen seines Daseins oder seines Einflusses zu fragen.“ Es war dies das ergiebigste Feld für Zauberei und die zahlreichen Werke über Naturmerkwürdigkeiten *παράδοξα*, *θαυμάσια*, *ἰδιοφυη* konnten nicht anders als den fruchtbarsten Samen für das spätere Mittelalter liefern, wo sich die Zauberei als eine von der Heilkunst abgelöste besondere Kunst ausbildete.

Mit der Ausbreitung des Christenthums war der Zauberei keineswegs der Lebensfaden abgeschnitten, sie erhielt nur eine andere Devise. Vorzüglich waren, namentlich in unseren Ländern, die Verehrung heiliger Bäume und die mit dem Cultus derselben zusammenhängenden Sitten zu bekämpfen, und in der That hieben die eifernden Apostel des neuen Glaubens nicht nur mit eigener Hand dergleichen geheiligte Bäume um und zerstörten die Haine der Götter, sondern erliessen in Predigten und Schriften scharfe Drohungen gegen jeglichen Zauber *(incantatio)* der mit allerlei Pflanzen und Bäumen getrieben wurde. Auch Fürsten und Kirchenversammlungen liessen es nicht fehlen durch strenge Gesetze diesen Aberglauben auszurotten. Was war aber natürlicher als, wodurch früher Wodan,

Freia, Balder so wie die bösen Gottheiten ihre Wirksamkeit ausübten, nun dem Heilande, unserer lieben Frau, den Heiligen und anderseits dem Teufel beizumessen? Überall sah man nun Christiblutstropfen, Kreuz[1]), Nägel und Namenszüge[2]) des Heilandes, so wie Manifestationen der Mutter Gottes[3]), des h. Johannes[4]) und anderer Heiligen, auch hatte die Kirche nicht versäumt durch Bedictionen und Exorcismen den Glauben an übernatürliche Wirksamkeit solcher Dinge aufrecht zu erhalten, wenn sie dabei auch stets nur im Namen des allmächtigen Gottes handelte[5]). Aber so wie mit dem heiligen Baum der Hellenen sich nach und nach das Sacellum, die Aedicula verband, das Götterbild und die dargebrachten Geschenke eine immer grössere Ausbreitung zum Donarium und Tempel nöthig machten, so hat auch der Baum Wodans, der Freia u. s. w., durch seine Wichtigkeit und durch besondere Umstände begünstiget, christlichen Ansiedlungen, Kirchen und Klöstern zum Stützpunkt gedient, wie dies z. B. Marienlinden, Lindenberg, Zurlinde, ferner das Kloster Marienheide, welche bei einer Linde, das Kloster Reinhardsbrunn bei Gotha, das neben einer Buche erbaut wurde, darthun. Noch bis in unsere Zeit hat die Sitte, heilige Bäume mit Kränzen zu schmücken und mit Weihkerzen zu beleuchten, trotz

---

[1]) Circa hoc tempus quidam nobilis Theutonice nationis ex Karinthia, de partibus transmarinis ubi diu exulaverat rediens, dixit se in ulteriori Oriente vidisse arbores excellentis altitudinis anno tricesimo tantum fructificantes, que protulerunt poma pulcherrima et grossa iocondissimi saporis et odoris, que secta per medium ostenderunt in se effigiem imaginis Crucifixi. Johannes Victoriensis bei Böhmer. Fontes I. 409.

Die in der Religion der alten Germanen so hoch gepriesene Eichenmistel, welche nur Priester, und diese nur mit goldener Sichel abschneiden durften, wurde zum heiligen Kreuzholz *(lignum sancti crucis)*.

[2]) Der quer durchschnittene Wedelstiel von *Pteris aquilina* zeigte den Buchstaben *H* (Heiland) oder *JC* (Jesus Christus), daher er auch Jesus Christus-Wurzel genannt wurde.

[3]) Im Liebenfrauen-Dorn, Marienmantel, Frauenhandschuh, Liebfrauenbettstroh u. s. w.

[4]) In der Johannishand, d. i. der handförmigen Knollwurzel mehrerer *Orchis*- und *Gymnadenia*-Arten.

[5]) Ideo per eum, qui dat herbas servituti, sicut has herbas N. et N. benedico † sanctifico † ad fugandos Daemones ad destruendum omne maleficium et ad annihilandum incantamentum ligamen etc. — Benedictio herbarum v. rosae v. rutae v. absynthei v. similium mutatis mutandis. (Nucleus continens benedictiones rerum diversarum item Exorcismos ad varia malefica depellenda et Impressus Constantiae deinde Linzii apud Heredes G. Kyrner MDCLX.)

der strengsten Gesetze dagegen *(vota ad arbores facere aut ibi candellam seu qualibet munus conferre)* fortgedauert, und was ist unser Christbaum anders als ein in christliche Sitte übergegangener heidnischer Gebrauch?

Unter den mannigfaltigen Zauberpflanzen, welche zu jener Zeit in Anwendung kamen, ist eine nicht geringe Zahl als vollkommen wirkungslos zu bezeichnen, obgleich dieselben sich nicht selten eines eben so ausgezeichneten Rufes zu erfreuen hatten, als jene, welche zugleich als Heilkräuter dienten. Die einen wie die andern kennen zu lernen, ihre Geschichte sowie ihre Anwendung einer näheren Betrachtung zu unterziehen, soll der Gegenstand der folgenden Blätter sein. Hiebei dürfte es nicht unzweckmässig erscheinen, die Geschichte der wichtigsten Zauberpflanzen vorauszuschicken.

Vor allen ist hier die Alraunwurzel oder Mandragora zu nennen. Die Bekanntschaft des Menschen mit dieser allerdings nicht wirkungslosen Pflanze zieht sich in das früheste Alterthum zurück, und nur durch die grosse geographische Verbreitung derselben war es möglich, dass auch das Abendland eben so wie der Orient Kenntniss von ihrer Wunderkraft erlangte.

Ob das Dudaim der Hebräer, das Jabruchin der Chaldäer die Mandragora sei oder die persische Gurke *(Cucumis Dudaim* L.*)*, ist nicht leicht mit Gewissheit zu eruiren, doch ist es sehr wohl möglich, dass Rachel durch die Wirksamkeit derselben ihren Wunsch erreichte oder zu erreichen glaubte [1]). Auch Pythagoras kennt dieses Gewächs schon und nennt es wegen der fleischigen zuweilen gespaltenen und dadurch seltsam geformten Wurzel, die mit der Gestalt des Menschen eine entfernte Ähnlichkeit hat — ανθρωπομορφος, was mit der heut zu Tage üblichen persischen Benennung *Merdum-Giah* (Menschenpflanze) vollkommen übereinstimmt. Bei Theophrast heisst sie μανδραγόρας — die Heerdensammelnde — (von μανδρα Hürde und αγείρειν versammeln), nicht weil sie durch ihre Kraft im Stande ist, das weidende Vieh zusammenzuhalten, sondern wahrscheinlich vielmehr, weil sie in Griechenland in der Nähe der Hürden wächst. Schon dieser bemerkt bei der Erzählung der wunderlichen Gebräuche, welche die Wurzelgraber (ριζωτόμοι) bei der

[1]) Plinius (*Hist. nat.* XXV. 150) sagt von den Früchten der *Mandragora*: „Gravedinem offerunt etiam olfactu."

Einsammlung von Arzneigewächsen u. s. w., wahrscheinlich um ihr Gewerbe desto sicherer ausschliesslich betreiben zu können, verrichten, dass man die Mandragoras mit nach Abend gekehrtem Gesichte dreimal mit einem Schwerte umkreise, während ein zweiter Wurzelgräber ringsum den ersten tanze und dabei viel von Liebeswerken rede.

Noch ausführlicher wird diese Operation von Flavius Josephus aus einander gesetzt [1]). Er, der dasselbe Wundergewächs nach einem Orte bei Jerusalem, wo es vorkömmt, „Barras" nennt, behauptet, dass dasselbe merkwürdiger Weise vor jedem, der es zu erlangen suche, verschwinde, bevor es nicht mit einigen, hier nicht leicht zu nennenden, Flüssigkeiten übergossen werde. Aber auch dann könne die Wurzel nicht ohne Lebensgefahr aus dem Boden gezogen werden. Um dieses zu vollführen, müsse man sie, ohne sie zu berühren, rings mit einem Graben umziehen, so dass nur der äusserste Theil noch im Boden stecke. An diese müsse man nun einen (schwarzen) Hund anbinden und denselben in einiger Entfernung zu sich locken. Die Bewegung des Hundes reisse die Wurzel vollends aus, aber der arme Hund sei nun statt des Menschen urplötzlich eine Beute des Todes. Jetzt könne jedoch die Pflanze unbeschadet auch von dem Menschen ergriffen werden.

Diese wahrlich höchst abenteuerliche Gewinnungsweise der *Mandragora* ist im ganzen Orient bekannt, wo noch gegenwärtig die Meinung herrscht, dass die Pflanze durch menschliche Hand aus der Erde gezogen alle ihre Heil- und Zauberkraft verliere.

Dieselbe Meinung finden wir auch bei Plinius, der diese Pflanze der berühmten Zauberin Circe zu Ehren Circaea nennt [2]).

Dioscorides unterscheidet zwei Arten: μανδραγόρας ἀρρενος, in welcher Bertoloni die *Mandragora vernalis* und μανδραγόρας θηλυς, in welcher er *Mandragora autumnalis* zu erkennen glaubt, die jedoch wahrscheinlich beide nur Varietäten einer und derselben Pflanzenart — *Mandragora officinalis* Mill. — sind.

Begreiflicher Weise hat das Mittelalter diese durch das Alterthum so gefeierte Pflanze mit Begierde in den Kreis seiner Zauber-

---

[1]) De bello judaico lib. VII, C. 25.

[2]) Mandragoran allii Circeon vocant. Hist. nat. XXV, 147. — Effossuri cavent contrarium ventum, et tribus circulis antea gladio circumscribunt, postea effodiunt ad occasum spectantes. Hist. nat. XXV. 148.

mittel aufgenommen und selbst ins Abendland, wo sie ausser den östlichen Ländern des Mittelmeerbeckens nicht wild wächst, gebracht. Der deutsche Name „Alraun" ist offenbar ein übertragener, so wie der Name „Heckenmännchen," und kommt daher, dass die Wurzel der *Mandragora* möglichst in menschliche Form gebracht und zugeschnitten allenthalben durch Geheimnisskrämer, Landstreicher und andere verdächtige Personen verbreitet wurde. Da es z. B. in Deutschland schwer hielt, sich ein solches Wundermännchen zu verschaffen, so bezahlte man eine für jene Zeit ungeheuer grosse Summe (50—60 Thaler) dafür, und die Betrügerei erlangte dabei durch Verfälschung einen ganz ansehnlichen Gewinn und wurde dadurch sehr anlockend.

Statt der wahren Alraunwurzel wurde die in Deutschland überall wildwachsende Zaunrübe *(Bryonia alba* und *dioica)* dafür ausgegeben. Man suchte nämlich dieser gleichfalls fleischigen und mannigfach gestalteten Wurzel, indem man sie noch jung in Modelle steckte, eine Menschengestalt zu geben, oder ihr dieselbe durch geschicktes Beschneiden u. s. w. zu ertheilen. Schon Tragus (1552) spricht von diesen Betrügereien [1]) und beklagt sich, dass denselben niemand Einhalt thue oder sie auszurotten suche „qui illi se opponat eamque e medio tolli curet".

Rührend ist die Einfalt, mit der die heilige Hildegardis von den Galgenmännlein denkt und schreibt. — Von menschlicher Gestalt und aus derselben Erde wie Adam entstanden sei sie der Versuchung des Teufels mehr als alle übrigen Pflanzen ausgesetzt. Kein Bekümmerter und Nothleidender verschmähe es solch' Alraunmännlein zuvor mit frischem Wasser sorgfältig abgewaschen in sein Bett zu legen, damit dasselbe durch den Schweiss erwärmt ihm von dessen Eigenwärme dann etwas mittheile. Von dieser erfüllet spreche er dann: „Herr, der du den Menschen aus Lehm ohne Schmerzen gebildet hast, hier lege ich dieselbe Erde, welche jedoch niemals

---

[1]) Solent namque illi (agyrtae) Bryoniae radici (ut diximus) effigiem humanam utriusque sexus insculpere, postea que in calida arena conservare, in qua ubi aliquandiu detenta fuerint et imagines contabescunt ac aliam arte faciem induunt, apparentque e terra ita natae. Hoc pacto miseri et imprudentes homines decepti Bryoniam pro Mandragora emunt. Hier. Tragus. De stirp. hist. II, cap. 126.

gesündiget hat, zu mir, damit meine sündige Erde (Fleisch) jenen Frieden, den dieselbe ursprünglich besass, wieder erlange [1]).

Viel abenteuerlicher und sinnlicher hat sich vielleicht zur selben Zeit die Ansicht über die Wirksamkeit der Alraunwurzel und die Bedingungen derselben ausgebildet. Aus menschlichem Samen entstanden, wachse sie nur unter Hochgerichten und bewirke dem Besitzer Liebe, Gunst und Glück, den unfruchtbaren Weibern Fruchtbarkeit. Geheim gehalten und zu Zeiten mit Wein gewaschen, an jedem Neumond mit einem frischen weissleinenen Hemdchen angekleidet, lasse sie sich zu einem *Homunculum* brauchen, welcher auf Begehren Geld und andere Kostbarkeiten, auch das ihm täglich dargebotene Geld verdopple, jedoch dürfe er damit nicht zu sehr angestrengt werden, damit er nicht zu bald absterbe. Nur mit Lebensgefahr und mit Hilfe eines schwarzen Hundes könne sie ausgegraben werden. Beim Ausreissen schreie sie so jämmerlich, dass man sich die Ohren verstopfen müsse.

Mit Entrüsten tritt gegen diese superstitiöse Meinung im Jahre 1703 ein ungenanntes Mitglied des *Collegium curiosorum* auf [2]). Hier heisst es unter anderm: „Die Historien von solcher Alraunwurzel oder Kobolgen, welche meistens von alten Weibern und einfältigen Leuten geglaubt werden, weil sie wider alle Vernunft, Billigkeit und Ordnung der Natur streiten, halte ich vor unmöglich, abergläubisch und blosse Einbildungen. Geschehen sie aber, wie oben gedacht, durch Zuthuung des Teufels, so sind sie sündlich und unverantwortlich. Und dieses ist von *Mandragora* oder Alraunwurzel meine Meinung.“ Ein schöner Kupferstich mit einem Galgen, worunter die *Mandragora* wächst, ein schwarzer Hund, den man eben

---

[1]) Mandragora calida est aliquantulum aquosa et de terra, de qua Adam creatus est, dilatata est, et propter similitudinem hominis suggestio diaboli huic plus quam aliis herbis insidiatur et adest. — Et si aliquis homo in natura sua complexionis hujus est, quod tristis et in aerumnis semper, mandragoram cum jam de saliente fonte ablata, ut praedictum est, in lectum suum juxta se ponat, ut de sudore suo eadem herba incalescat, et ut ipse calorem suscipiat et dicat: Domine, qui hominem de limo terrae absque dolore fecisti, terram istam quae nunquam praevaricata est, juxta me pono, ut etiam terra mea pacem illam sentiat sicut eam creasti. Lib. phys. de Mandragora.

[2]) Kurze Betrachtung der Mandragora oder Alraunwurzel, des Fahrenkrautes nebst seinen Samen, so wie auch anderer sogenannter magischer Kräuter. Cosmopoli 1703. 12.

hinführt, um ihn an sie zu binden, daneben eine im Thierkreise sitzende Figur nebst der drastischen in den Lüften schwebenden Devise *„qui facile credit, facile decipitur“* erläutern diese populäre Schrift.

Gegenwärtig wird die Wurzel der ***Mandragora vernalis*** *(Μανδραγόρα ρίζα)* in demselben Lande, von wo aus einst ihr Ruf als Zaubermittel über ganz Europa und das westliche Asien sich verbreitete, als schmerzstillendes Heilmittel, namentlich in der Prosopalgie angewendet, nichts desto weniger aber vom Volke noch immer als besonders wirksam gegen das Verhexen gepriesen [1]).

Wie die Alraunwurzel als die erste und wichtigste morgenländische Zauberpflanze betrachtet werden kann, so ist das Farnkraut als die vorzüglichste abendländische anzusehen.

Von höchst indifferenter Natur und nur den Helminthen widerwärtig, musste das Farnkraut, worunter man gewöhnlich den sehr verbreiteten gemeinen Waldfarn *(Nephrodrium filix mas* R. Br.*)* verstand, durch seine Form und Vegetation auch dem unverständigsten Menschen auffallend erscheinen. Während alle Pflanzen nach seiner Meinung blühen und Samen bringen, erscheint hier auf der Rückseite des ganz fremdartig gebildeten Laubes zuweilen ein braunes Pulver. Was ist natürlicher, als dieser absonderlichen Naturerscheinung auch ganz besondere, magische Kräfte zuzuschreiben. Und da es mit der ganz unschuldigen Wirkung dieses braunen Pulvers ebenfalls nicht recht gehen wollte, so musste dessen Wirksamkeit von gewissen Ceremonien bei der Einsammlung abhängig gemacht werden. Auf solche Weise hat sich diese Pflanze ***nolens volens*** einen ganz besonderen Cultus in der Magie erworben und denselben weithin verbreitet. Wird der Strunk an seiner breiteren Spitze im Frühjahr, wo er die ersten seltsam eingerollten Wedeln treibt, dazu benützt, um daraus eine Menschenhand zuzuschneiden, so bildet dies das ehemals so berühmte Glücks- oder Johannishändchen, welches in allen Unternehmungen Glück und Segen bringt und sich vorzüglich bei Bereitung der alles treffenden Freikugeln als wirksam beweist.

Auch vom Farnkraute *(filix)* weiss die heilige Hildegardis mancherlei Tugenden anzugeben, namentlich aber jene, dass es der

---

[1]) Neues Jahrbuch für Pharmacie etc. von Walz und Winkler. Speyer, 1856. Bd. VI, Heft 1, p. 28.

Teufel ganz besonders fliehe. Er wagt es nicht in dessen Nähe sein Unwesen zu treiben und meidet daher alle Orte, wo sich dasselbe befindet oder wo es hingebracht wird. Blitz, Donner und Hagel als die vorzüglichsten Erscheinungsweisen desselben werden an solchen Orten nur selten beobachtet. Trägt der Mensch das Farnkraut bei sich, so hat er dadurch ein sicheres Schutzmittel gegen Zauberei, Geisterbannungen, Teufelsbeschwörungen und anderes Gaukelwerk.

Man unterschied wie bei der Mandragora auch bei diesen Farn Männchen und Weibchen (ganz richtig, indem das sogenannte Weibchen unser *Aspidium filix fœmina* ist), beide von ungleicher Kraft und Wirkung.

Auch der Farnkrautsame — die Sporen — werden in der Johannisnacht an gewissen Orten, namentlich auf Kreuzwegen, mit Gefahr des Leibes und der Seele nackt gesammelt, indem das Farnkraut nur in dieser Nacht (nach anderen auch zu Christi Geburt und Johannis Enthauptung) zwischen 11 und 12 Uhr blühe, Blüthe und Samen jedoch alsogleich wieder verschwänden.

Es ist ein Zaubermittel, zugleich aber auch wie das Moly ein Schutzmittel gegen Zauberei. Das Farnkraut macht einen zum guten Schützen, lässt den Besitzer leicht Krystalle finden und Spiegel machen, hilft jedoch vor allem gleich der Alraunwurzel Schätze finden, macht unsichtbar, bringt Glück im Spiele und Gunst in der Liebe. Redeker's „westfälische Sagen" bestätigen in einer netten Geschichte das Unsichtbarmachen.

Anders ist es mit dem Glück im Spiele und in der Liebe. „Was ich oben von dem Fahrenkrautsamen — so erzählt der vorerwähnte Ungenannte — und dessen falschen Imposturen gemeldet, will ich dem Herrn deutlicher bekräftigen mit einem Exempel aus meiner eigenen Experienz, durch welche ich befunden, dass alles, was vom gedachten Kraut erzählt wird, falsch sei."

„In dem vergangenen Jahre 1702, eben um den Johannistag des Täufers, habe ich einen guten Freund, sonst gelehrten und vornehmen Mann, besuchet, bei welchem denn allerhand Tischgespräche vorfielen, und ist derselbe endlich auf den Fahrensamen und dessen superstitieuse Collection gekommen, welches alles ein an dem Tisch sitzender Officier mit angehört, hernach sich resolvirt, dieses, welches von vielen von diesem Kraute erzählt, und vor die Wahrheit ausgegeben wird, zu versuchen, welches er auch am nächstkommenden

Johannistag gethan; wir aber wollten unterdessen gerne sehen, ob etwan dieser Samen zu Hauss, oder in einem Garten, ohne solche Weitläufigkeit und Aberglauben zu bekommen wäre, und hat gedachter Freund seinen Gärtner hinausgeschickt, die Fahrenstaude zu holen, und in ein Scherbel setzen lassen. Endlich kam der Johannistag heran, an welchem sich obengenannter Officier sammt seinem Diener in der Nacht hinaus begab, um das Werk mit dem Fahren-Samen vorzunehmen, und, wie er sagte, *si credere fas est*, hätte er allerhand Phantasmata gesehen. Weil aber seine Relation mit des Dieners nicht übereinkam, welcher gar nichts gesehen haben wollte, so glaube ich, dass er auf dem Kreuzweg eingeschlafen und ihm also geträumt habe; keine Blüthe, keine feurige Funke hätte er nicht gesehen, bis früh endlich auf den Blättern einen angewachsenen Samen, wie Mohnkörner observirt, welchen er mit grossen Freuden nach Hause brachte, mit Intention, unsere Ungläubigkeit zu confundiren; der Freund aber, nachdem er sein im Scherbel eingesetztes Farenkraut beschaut, so hat er eben solchen und noch mehr Samen befunden, welches er dem Officier zur Nachricht meldete und sagte, dass er solchen Samen zu Hause bekommen könnte und desswegen nicht hinaus mit Gefahr Leibes und der Seelen solchen zu suchen gehen dürfe."

„Der Saame war ihm nun sehr lieb, und also zweifelte er nicht, dass er damit Universalglück haben würde, trug derohalb solche Blätter fleissig bei sich, liess sie in die Hosen einnähen, nahm allerhand Proben damit vor. Allein er hat damit kein Glück bei Frauenzimmer, kein Glück im Spielen gehabt, *in summa* gar nichts daran wahr befunden." —

Nach diesen Proben dürfte es nicht uninteressant sein, die Verirrungen des menschlichen Geistes noch weiter in dieser Richtung zu verfolgen und uns mit dem gesammten Schatze der Zauberpflanzen und ihrer Wirkungsweise bekannt zu machen, um so mehr, als ein nicht geringer Theil davon noch gegenwärtig in Ansehen und Anwendung steht und den Beweis liefert, wie zähe und unverwüstlich die Wurzel ist, aus der der Aberglaube fortwährend seine Schösslinge treibt.

Zur bequemen Übersicht wollen wir die Zauberpflanzen nach ihrer Wirkungsweise in Abtheilungen bringen und dieselben mit folgenden Überschriften versehen.

Es stellt sich bei genauerer Betrachtung heraus, dass ein guter Theil von Zauberpflanzen sich vorzugsweise gegen absichtliche und zufällige schädliche Einwirkungen wirksam beweiset, dagegen ein anderer direct Glück und Segen herbeizuführen im Stande ist. Unter die ersteren, die ich mir als Schutzpflanzen zu bezeichnen erlaube, gehören diejenigen, die sich gegen den bösen Willen und angedrohte Übel Anderer, namentlich gegen das durch Zauber vorbereitete Unglück wirksam beweisen. Es sind die eigentlichen Berufkräuter. Eine zweite Abtheilung ist gegen äussere elementare Einwirkungen wie z. B. gegen Blitz, gegen Trockenheit, Misswachs, Raupenfrass u. s. w. schützend. Es sind die Wetterkräuter.

Diejenigen Zauberpflanzen, welche sich direct durch ihre Wirkung dem Menschen wohlthätig erweisen und ihn eines ungemessenen Glückes theilhaftig machen, lassen sich ebenfalls wieder in zwei Abtheilungen bringen. Es sind die glückbringenden Pflanzen überhaupt, in deren Gefolge Reichthum, Liebesgenuss, Macht, Ansehen, Ehre u. s. w. sich stets befinden. Wir wollen sie Glückspflanzen nennen. Die anderen, die ihm Feinde zu entdecken und Schätze aufzuschliessen vermögen, — Wunderschlüssel.

Wollen wir nun in der Gallerie der Berufskräuter, Wettersicherer, Glücksverheisser und Wunderschlüssel Umschau halten, wie wir etwa mit dem grossen Linneus oft schon auf der Himmelsleiter der *Monandria*, *Diandria* u. s. w. in den grossen Räumen des Pflanzentempels herumgeklettert sind.

Ich werde, um mich kurz zu fassen, nur das Wesentlichste von ihrer Geschichte anführen und den bei weitem grösseren Theil davon den Kindermährchen überlassen. —

Wir treten zuerst in den Saal der Berufskräuter; ihre Zahl ist verhältnissmässig gross. Einst im grossen Ansehen, haben sie sich durch ihre Wetterwendigkeit um alles Vertrauen gebracht, so dass nur noch der Pöbel etwas auf sie hält.

Das Beschreikraut (*Stachis recta* L.), ein vollkommen schuldloses, krautartiges Gewächs aus der Ordnung der Lippenblüthigen, durch ganz Deutschland an sonnigen Anhöhen, Felsen, Äckern und Waldrändern verbreitet.

Wie dasselbe ins Geschrei kam, gegen das Verschreien wirksam zu sein, ist mir nicht bekannt. Dieses Beschrei- oder Berufkraut, in

Pfingstrose *(Paeonia officinalis* L.) Patóni, „Altiu wip grabent patôni.“ Die Paeonia von den Bauersleuten Patôni genannt, ist überall in Gärten angepflanzt, mehr als Zierpflanze als zu anderm Zwecke. Sie wird durch den heiligen Specht vor dem Abbrechen geschützt. *„Præcipiunt eruere noctu, quonium si picus Martius videat, tuendo in oculos impetum faciat“*. Plin. l. c. XXV. 29.

Eberesche, Rönn, Drachenbaum *(Sorbus aucuparia* L.). Vor die Stallthüre gepflanzt und Zweige davon gesteckt, sichern vor Drachen und Ungethüm. In Schweden glaubt man noch heute, dass ein Stab von Rönn gegen Zauber sichere.

Bocksdorn *(Lycium barbarum* L.). Im Alterthume als Mittel gegen Zauberei an Fenstern und Thüren aufgehangen. Diosc. I. 119.

Mondraute *(Botrychium Lunaria* Sw.) ihres dem wachsenden Monde ähnlichen Blattes wegen als Zauberpflanze berühmt. Joannes Wierus *(De præstig. dæmon. I, 18)* erzählt, dass die Alchemisten daraus Gold und Silber, ja selbst den Stein der Weisen mit geringen Beigaben zu bereiten im Stande sind. —

Ausser den genannten werden überdies noch folgende als wirksam gegen Zauberei gepriesen. Sie sind: *Aquilegia officinalis, Angelica archangelica, Senecio vulgaris, Sedum Telephium, Doronicum pardelianches, Antirrhinum Orontium, Vinca minor, Drosera rotundifolia (sponsa solis), Lycopodium clavatum* u. s. w. Dabei besonders für Kinder *Galium verum, Solanum dulcamara* und *Artemisia Abrotanum.*

Es folgen nun die Wetterkräuter, die vor Erfindung der Blitzableiter, der meteorologischen Gesellschaften und der Institute für Meteorologie und Erdmagnetismus begreiflich eine grosse Rolle spielten. Hieher gehören:

Der Donnerbart, *barba Jovis Mac. Flor.*, Hauswurz *(Sempervirum tectorum* L.). Auf das Dach gepflanzt, sichert er vor dem Einschlagen des Blitzes. Findet sich noch jetzt an diesem Standorte sehr verbreitet, aber mehr als Volksmedicin denn als schützende Zauberpflanze.

Albaspina Hagedorn *(Crataegus oxyacantha* L.) gleichfalls ein Schutzmittel wider den Blitz.

Herba britanica Plin. (Hist. nat. XXV, 21.) *„Florem vibones vocant, qui collectus priusquam tonitrua audiantur et*

devoratus securos (a fulminibus) in totum reddit." Es ist nicht zu errathen, was das für eine Pflanze ist.

Donnerbesen. Eine buschartige Missbildung an Tannen hervorgebracht durch einen Blattpilz dem *Aecidium elatinum*. Durch seine Seltsamkeit und Seltenheit merkwürdig, und daher gegen Blitz ein Schutzmittel.

Hartheu, Johanniskraut *(Hypericum perforatum* L.*)*. Wird blühend um Johannis gesammelt und in den Häusern an irgend einer Stelle meist zwischen den Eisenstäben der Fenstergitter eingeflochten. Es ist das wirksamste Schutzmittel gegen den Blitzstrahl und vom gemeinen Mann noch gegenwärtig durch die ganze untere Steiermark in Ehren gehalten. In der oberen Steiermark wird es durch Blumensträusse ersetzt, womit zur Johanniszeit die Fenster geziert werden [1]). Der christliche Aberglaube ertheilte dem Hartheu, welches auch Elfenblut oder Alfblut genannt wird, einen blutigen Saft und 5 Blätter zum Zeichen der 5 Wunden Christi. Es widersteht auch allen Hexereien und Teufelskünsten, „sie widerstrebt mit solcher Macht den Symptomatibus, so aus Zauberei verursacht, dass, so viel man weiss, kein ander Gewächs noch andere Art Medicamente, sie seien auch köstlich im Ansehen als sie immer wollen, gefunden worden, dieses Kraut in solchem Falle übertreffen können", daher es auch Teufelsbanner — *fuga dæmonum* — genannt wird.

„Doste, hartan, weisse heid thun dem Teufel alles leid."

Auch zum Schatzgraben wird Hartheu verwendet, als Amulet am Halse getragen, und soll noch überdies im Stande sein, Liebe und Gunst zu erwecken. Am Niederrhein machen die Kinder noch Kränze davon am Johannismorgen, und werfen sie auf die Hausdächer unter besonderen Liedern. Auch tragen solche Johanniskronen, alle die um das Johannisfeuer tanzen. — Um die Wahrheit zu erfahren, gab man ehedem den Hexen und Zauberern vor der Tortur davon ein. Die Drüsen der Blätter dieser Pflanze brachten die Sage, dass der Teufel den Menschen die Heilkräfte derselben missgönne, und sie nächtlicher Weile mit Nadeln zersteche. (Montanus.)

Eine ähnliche Wirkung besitzt auch die Zaunrübe Körfcheswurzel *(Bryonia alba* L.*)*. Nach Karrichter wird sie zum Schutze

[1]) Dieselben bestehen aus folgenden Feldblumen: *Briza media* L., *Anthyllis vulneraria* L., *Alchemilla vulgaris* L., *Stachys recta* L., *Valeriana saxatilis* L., *Buphthalmum salicifolium* L., *Rosa canina* L.

gegen Gewitter in den Häusern der Landleute aufgehängt. Wie sie in Deutschland ehedem zum Ersatz des Alraun verwendet wurde, ist bereits gesagt. Zum Liebeszauber wurde sie von Mädchen, die zum Tanze gingen, in Scheibchen geschnitten und in die Schuhe gesteckt und dabei gesprochen: „Körfcheswurzel in meinem Schuh, ihr Junggesellen lauft mir zu."

An die Wetterkräuter schliesse ich noch die Bilisa und ein unbekanntes Kraut an, welches sich gegen Beschädigungen der Saaten durch Hagel wirksam erwies.

Bilisa, belisa, Bilsenkraut *(Hyoscyamus niger* L.*)*, mit dem kleinen Finger der rechten Hand ausgerissen und an die kleine Zehe des rechten Fusses eines ganz entkleideten jungen Mädchens gebunden, bringt nach Trockenheit und anhaltender Dürre Regen. Das Mädchen muss aber in feierlicher Ceremonie mit Wasser begossen oder besprenkt werden (Burchard von Worms). Diese Sitte wahrscheinlich ursprünglich in Gallien zu Hause fand sich noch im 11. Jahrhundert am Rhein, und ist noch jetzt bei Serben und Neugriechen im Gebrauche. Dass der Name Herba Apollinaris von dem ehemaligen Gebrauche bei dem Delphischen Orakel herrührt, mag einen Grund in seiner Wirksamkeit haben.

Das ungenannte Kraut wird von Plinius (Hist. nat. XVIII. 160) auf folgende Weise als zauberisch bezeichnet. *„Pestem a milio atque panico, sturnorum passerumque agmina, scio abigi herba cujus nomen ignotum est, in quatuor angulis segetis defossa, mirum dictu ut omnino nulla avis intret"*.

Auf diese Wetterkräuter folgen nun noch einige Vegetabilien, die den allgemeinen Zweck hatten, das Haus vor Ungemach zu bewahren. Es sind dies durch ihre Entstehung und durch das Wachsthum jedenfalls ausgezeichnete Gewächse, welche die Aufmerksamkeit jedes Menschen nicht blos auf sich lenken, sondern die ihm auch durch ihre Sonderbarkeit mit besonderen Kräften ausgerüstet erscheinen mussten. Hieher gehören die Galläpfel, ein krankhaftes Erzeugniss von Insecten (Gallwespen), und die Mistel, ein Schmarotzergewächs auf Bäumen.

Die Galläpfel wurden hie und da zur Sicherung des Hauses an den Küchenbalken aufgehangen, und die Mistel, besonders die auf Haselstauden wachsende wurde gesucht. Stäbchen daraus verfertiget dienten zur Festhaltung der Diebe. Die Eichenmistel

(Loranthus europæus L.*)* spielte im Religionscultus der Celten und Germanen eine so hervorragende Rolle [1]), dass es uns nicht Wunder nehmen darf, wenn man in Wallis noch heutigen Tages Mistelzweige zu Weihnachten über die Thore der Häuser aufstecken sieht.

Aber auch verschiedene Kräuter und Pflanzentheile in Bündel vereint stehen gegenwärtig noch im Ansehen gegen Blitz, Hagel und Unwetter wirksam zu sein; dahin gehören die Krautwische am Niederrhein, und die Palmbüsche im übrigen Deutschland. Zu den Krautwischen werden genommen *Inula Helenium, Galium verum, Eupatorium canabinum, Solanum Dulcamara* (Alfranke, Alfrebe), *Valeriana officinalis* und *Tanacetum vulgare;* die Bestandtheile der letzteren bilden blühende Weidenruthen, Wachholder, Sebenbaum, Stechpalme u. s. w. —

Wir gelangen nun zu den eigentlichen Glückspflanzen, deren Besitz schon in den meisten Fällen hinreichend war, den Menschen auf das Mannigfaltigste zu beglücken.

Die beiden hervorragendsten Glückskräuter des Alterthums und des Mittelalters, die Alraunwurzel und das Farnkraut, haben wir bereits kennen gelernt. Es erübrigt uns noch einen Blick auf die übrigen Kräuter der Art zu werfen. Sie sind folgende:

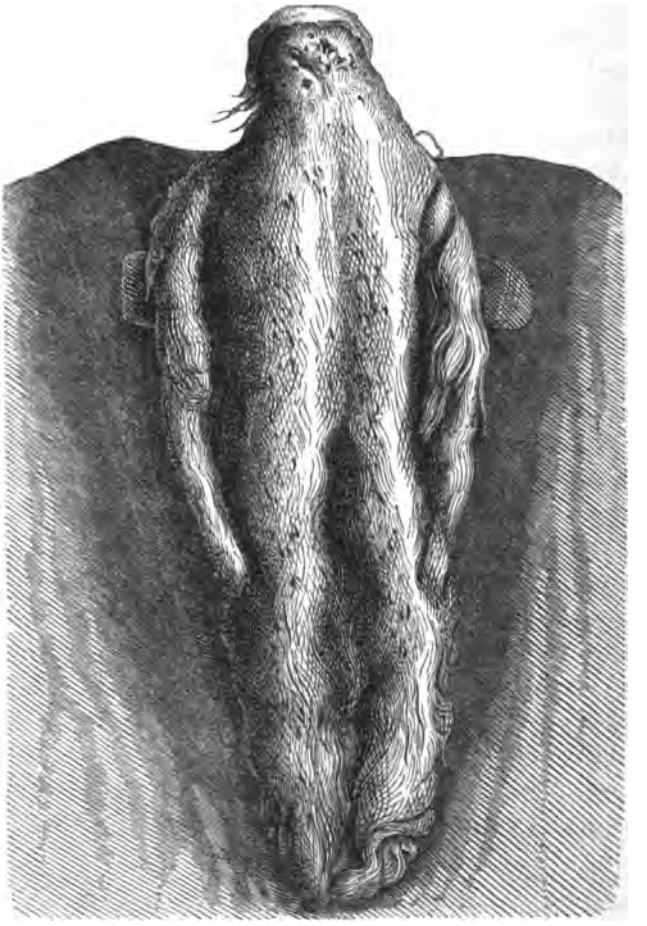
Das Eisenkraut *(Verbena officinalis* L.*)*. Eine gemeine an Strassen, in Dörfern und an bebauten Plätzen wachsende höchst unansehnliche Pflanze, die noch gegenwärtig bei vielen Völkern als Heil- und Zauberpflanze im Rufe steht. Nach Honigberger ist sie als solche in Persien, Arabien und Indien wohl bekannt. Den alten Deutschen war sie ein Talisman bei Kriegs- und Friedenschlüssen. *„Verbenaca quidem et jumentorum febribus in vino medetur, sed in tertianis a tertio geniculo incisa, quartanis a quarto“*. Plin. h. n. XXVI. 117. Der christliche Aberglaube lässt ihre Wirksamkeit abhängig sein von der Zeit und der Art des Einsammelns. Nach Einen muss sie am Charfreitage, nach Andern am St. Peter- und Paulustage mit silbernem oder goldenem Griffel gegraben werden. „Verbeen hilfft dich sehr, dass dir die frawen werden hold, doch brauch kein eisen, grabs mit goldt.“ Den Namen hat die Pflanze von der Eigenschaft, Eisen zu Stahl zu härten.

---

[1]) Nil habent druidae — ita suos appellant magos — visco et arbore in qua gignatur, si modo sit robur, sacratius. Plin. Hist. nat. XVI. 249.

Allermannsharnisch, Siegwurz (*Allium Victorialis* L.), eine Gebirgspflanze Österreichs, der Schweiz, der Vogesen und Sudeten, welche ihren Namen und ihre Bedeutung wohl sicherlich der mit einer gitter- oder panzerförmigen Tunica bedeckten Zwiebel verdankt.

Eine der Art geschützte Zwiebel muss nach der gemeinen Auffassung sicher ein passendes Symbol des Sieges im Kampfe sein, die gleiche Vorstellung ist auch auf ähnliche Zwiebeln anderer Pflanzen z. B. der von *Gladiolus communis* von *Lilium Martagon* u. s. w. übertragen worden.



Die Siegwurz, auch wilder Alraun genannt, hatte durch ihre Kraft als Schutzwehr gegen Verwundung, gegen Unglücksfälle, Zauberei, böse Geister und Gespenster wie der echte Alraun eine grosse Verbreitung gefunden und wurde gleich dieser zugeschnitten und mit einem Kleide angethan von Marktschreiern um hohes Geld verkauft. Zwei dergleichen unechte Alraune befinden sich noch gegenwärtig auf der kais. Hofbibliothek in Wien, deren treues Abbild der beifolgende Holzschnitt gibt.

Schon D. de Nessel *(Cathalogus s. recensio specialis omnium codicum Mnsc. græc. nec non ling. orientalium august bibl. cæs. Vindob. 1690, p. 165)* erwähnt ihrer und gibt an, dass sie früher in dem physikalischen Cabinete Kaiser Rudolph's II. aufbewahrt waren, wo sie ausser dem Sammtmantel noch mit einem Hemde — *ex subtilissima embryonis humani pellicula* — angethan waren. Die auf Tafel P beigefügte Abbildung stellt sie im Mantel eingehüllt dar. Obiger Holzschnitt stellt das Männchen in natürlicher Grösse dar.

Die Kopfbedeckung beider Alraunen besteht aus einem aufgeklebten Lederfleck, die Arme sind künstlich eingefügte und mit Gummi befestigte Sprossen, wovon einer an der weiblichen Alraune bereits herausgefallen ist. Am Gesichte ist zwar nicht mit dem Messer nachgeholfen, doch hat der Zeichner dafür das Seinige gethan. An der einen stellt ein Stück Schaft das nackte Bein dar.

Selerie, Σελινον, Theoph. *(Apium graveolens* L.*)* ist noch heutigen Tages bei den Neugriechen eine glückbringende Pflanze und wird wie Zwiebel und Knoblauch in den Zimmern und über den Thüren aufgehangen.

Baldrian *(Valeriana officinalis* L.*)* bringt Glück und macht tapfer. Der Name Baldrian stammt wahrscheinlich von dem deutschen Gott Baldur. Soll wie das Farnkraut und andere Zauberpflanzen unter dem Kreuze Christi entstanden sein und dadurch seine Wirksamkeit erlangt haben.

Weisse Lilien-Wurzel *(Lilium cardidum* L.*)*. Beglückt in der Frauenliebe. Sie muss jedoch gesammelt werden, wenn der Mond mit der Venus im Stier oder in der Wage ist, denn „Weibsbilder sind gemeiniglich dem Mond unterworfen und der Venus" Liliensaft mit Dorant gemischt erhält die Jugendblüthe.

Nixenblume, Mummelkrone *(Nymphæa alba* L.*)*. Die zu gewissen Stunden mit verstopften Ohren (um die Wasserjungfer nicht zu

hören) und nach bittweiser Besprechung der Pflanze abgerupfte Blume ist ein kräftiges Zaubermittel.

Sinau (*Alchemilla vulgaris* L.), von den Alchemisten zum Goldmachen verwendet.

Schlafapfel, Schlafkunz — svefntorn (Schlafdorn). Eine durch eine Gallwespe (*Cynips rosæ*) auf Dornrosensträuchen erzeugte Excrescenz. Legt man ihn unter das Kissen, so bringt er Schlaf. Bei Kindern noch gegenwärtig dort in Anwendung, wo man die Wirkung der Mohnkapseln noch nicht kennt.

Widertan, Jungferhaar (*Adiantum Capillus veneris*) und Abetan (*Saxifraga?*). Mit Hilfe der erstern können alte Weiber Liebe zubringen, durch letzte dieselbe wegnehmen. Sie müssen jedoch dazu am Freitage gepflückt werden.

Fungho degli astrologi (*Agaricus hariolorum* Bull. *A. sagarum* Pers.). Ein kleiner, im Sommer auf abgestorbenen Blättern wachsender Pilz, welcher vor Zeiten in Italien zu Zaubereien gedient hatte. Er ist übrigens nicht schädlich und kann sogar genossen werden.

Hexenei, Teufelsei (*Phalus impudicus*). Anfangs wie ein Hühnerei, dann berstet der Balg mit lautem Knall und es wächst der Stiel einem m. Gliede sehr ähnlich in die Höhe. Getrocknet ehedem zu mancherlei Zaubereien, namentlich zu Liebestränken im Gebrauche.

Quendel, Quandel (*Thymus Serpyllum*). Ein Stengel, mit der Rechten dreimal um den Kopf geschwungen mit den Worten „Quandel mach' mir Handel" findet noch im Thüringer Walde seine Anwendung. Dasselbe bewirkt auch *Lapsana communis*, soferne drei ihrer Blüthenstiele aus einem Punkte entspringen. Von *Ranunculus fluviatilis* 3 Blumen an die linke Brust gesteckt, von *Poa pratensis* drei blühende Rispen auf die linke Innenseite des Oberrocks befestiget und von *Arctium majus* ein Blatt mit blauem Zwirn an die Innenseite des Kleiderrückens geheftet, bringt guten Verkauf der feilgebotenen Waare (R. Richter). —

Endlich haben wir noch die Wunderschlüssel der Pflanzenwelt zu betrachten, die wie keine anderen, Thüren zu öffnen, Schätze aufzudecken und Gold und Reichthümer herbeizuschaffen im Stande sind. Dahin gehören die Springwurzel, die Schlüssel- und andere dem Botaniker unerforschbare Wunderblumen und zum Theil auch die Wünschelruthe.

Die Springwurzel auch Spechtwurzel, Böhmhökelkraut genannt, stammt von einer durchaus räthselhaften Pflanze, die nur der glückliche Specht kennt und auszuwählen versteht. Um sie zu erlangen, verkeilt man das im hohlen Baume befindliche Nest eines Spechtes zur Zeit, wenn er Junge hat. Derselbe von seinen Jungen abgeschnitten, weiss sich zu helfen, und holt sich eine Wurzel, die er vor dem Keile hält, welcher darauf sogleich wegspringt. Erschreckt man hiebei den Vogel, so lässt er die Wurzel fallen. Schon Plinius erzählt die Sache fast ebenso [1]). Dem Schatzgräber und Dieben ist diese Wurzel unentbehrlich. Durch die Springwurzel vermochten die Diebe die Ketten und Fesseln in die sie gelegt waren, abfallen zu machen, und die stärksten Schlösser und Riegel zu öffnen, doch mussten sie dabei mit ihren Füssen die Erde berühren. Der Glaube an die Wirksamkeit dieser Wurzel war so gross, dass in alten Gefängnissen noch besondere Vorkehrungen zu sehen sind, wo wichtige Verbrecher, wie Hochverräther, Hexen und Zauberer in einer Art von Schaukel schwebend über dem Boden erhalten wurden, weil man dadurch ihr Entkommen durch die Zauberkraft der Springwurzel, die sie sich allenfalls unbemerkt zu verschaffen vermochten, für unmöglich hielt. Die noch im 16. Jahrhundert gegen Zauberei erlassenen Gesetze enthalten Verordnungen über derlei Einrichtungen der Gefängnisse. Man hält *Euphorbia Lathyris (sferracavallo)* für diese Wunderpflanze, und hat sie noch dort und da, wie z. B. in der Schweiz in Ehren.

Frauenschlössli *(Primula veris* L.*)*, so genannt, weil sie verborgene Schätze zu öffnen vermag.

Wunderblume. Sie findet nur der vom Schicksale besonders Begünstigte, und in deren Besitze sieht er den Eingang zum Bergschatze offen. Er hebt ihn, vergisst aber beim Heraustreten aus der Öffnung des Berges seine Wunderblume mitzunehmen, und nun ist augenblicklich Schatz und Blume verschwunden. „Vergiss das beste nicht“ was sie dem Beglückten noch zeitig genug zugerufen, hat er überhört. Die sentimentale Bedeutung des „Vergiss mein nicht“ ist nach J. Grimm erst späterer Entstehung.

An diese unbekannte Wunderblume füge ich noch eine zweite, die mir selbst vor einigen Jahren aufstiess und deren Geschichte ich hier mitzutheilen mich nicht enthalten kann.

[1]) Hist. nat. X. 40.

Der beigefügte Holzschnitt zeigt einen Fichtenzweig in 6facher Verkleinerung, mit beinahe vollkommen ausgebildeten Zapfen, deren Gestalt, seltsam genug Kreuze bilden. Eine solche Missbildung, wofür sie auf den ersten Anblick gelten könnte, reiht sie ohne weiters zu den wundersamsten und bedeutungsvollsten Bildungen, die es geben kann. Zu jeder andern Zeit als zu der unsrigen, wo man auch in den Missbildungen bestimmte Gestaltungsgesetze gefunden hat, würde dieser Zweig gewiss als ein sichtliches Wunderzeichen gegolten haben.

Die Sache verhielt sich indess ganz anders, und es ist mir bald gelungen, dieses morphologische Räthsel zu lösen, und dadurch derselben ihren wunderbaren Anstrich zu nehmen. Dieser merkwürdige Fichtenzweig wurde vor mehreren Jahren noch im frischen grünenden Zustande, einem eben so kenntnissreichen als

humanen Fürsten, wenn ich nicht irre aus der oberen Steiermark, überschickt. Aus der Hand desselben gelangte dieses merkwürdige Curiosum an mich, nicht blos um es anzustaunen, sondern um es näher zu untersuchen und darüber meine Ansicht abzugeben.

Im hohen Grade bei dem Anblicke desselben überrascht, denn diese Bildung trug nicht den geringsten Anschein einer künstlichen Zusammensetzung, erkannte ich jedoch, dass von den drei Endtheilen eines jeden Kreuzzapfens zwei in ihre natürlichen Spitzen ausliefen, einer jedoch, und zwar der mittlere, deutlich den Grund eines Zapfens zeigte.

Dies war mir genug, um diese Gestaltung ohne weiteres für eine morphologische Unmöglichkeit zu erklären und dahinter einen frommen Betrug zu vermuthen, der sich auch bei näherer Untersuchung sogleich herausstellte.

Eines der Kreuze auf ⅓ der natürlichen Grösse reducirt. — Die Pfeile zeigen die Biegung jedes der beiden Zapfen.

Jedes Kreuz war aus zwei halb geknickten und in einander gewachsenen Zapfen zusammengesetzt, was nur durch absichtliche Verstümmelung von Seite eines Menschen bewerkstelliget werden konnte. Nach Berücksichtigung aller Umstände ging mit Zuver-

lässigkeit hervor, dass irgend jemand an zwei nahestehenden Fichtenzweigen die noch jungen Zapfen halb geknickt, seitlich in Form eines Kreuzes in einander gefügt und durch ein Band vereiniget hat. Beide Zapfen an der Basis mit ihren Zweigen in Verbindung fuhren fort sich weiter auszubilden und zu vergrössern, mussten sich aber dabei nach der angelegten Bandage fügen. Nachdem sie nun auf solche Weise förmlich mit ihren Schuppen in einander gewachsen und durch das theilweise ausgeflossene Harz noch inniger verkittet waren, schnitt man den einen Zapfen am Grunde ab, und das an der Zweigspitze stehende Kreuz war fertig. Es musste die Bedeutsamkeit noch erhöhen, dass an demselben Zweige drei solche Kreuze sich vorfanden. Jetzt, nachdem der Zweig trocken ist und die Schuppen struppig von der Spindel abstehen, sind die Elemente der Kreuze von selbst in ihre Bestandtheile zerfallen. —

Hier würde nun noch von der Wünschelruthe, diesem merkwürdigen Werkzeuge, Gold und Schätze in der Tiefe der Erde aufzuspüren, die Rede sein, wenn diese Kraft einer bestimmten Pflanzenart zukäme. Dazu sind aber bald von diesem, bald von jenem Baume oder Strauche (Haselnuss, Kreuzdorn, Erlen u. s. w.) gabelige Zweige (Zwiesel) benützt worden, und es lag also mehr in der Handhabung dieses Werkzeuges als in diesem selbst, wodurch es sich in den Ruf der Wunderkraft brachte und zum Theile noch bis jetzt erhielt.

Die Operationen, die ich von einem in der Handhabung der Wünschelruthe kundigen Schweizer vor mehreren Jahren in Wien damit vornehmen sah, haben mir nur ein mitleidiges Lächeln entockt.

Die bisher namhaft gemachten Pflanzen sind zwar die vorzüglichsten und am meisten bekannten, jedoch keineswegs sämmtliche Zauberpflanzen. Bevor wir zu den wenigen noch einer ausführlichen Betrachtung würdigen übergehen, wollen wir die von Heucher und Fabricius [1]) aufgeführten nicht geradezu übergehen, obgleich wir darunter eine Menge für den Botaniker unenträthselter Dinge bemerken.

---

[1]) De vegetabilibus magicis. Wittebergae 1700.

Hier kommen als Dämonen verscheuchend *Salvia, Veratrum, Juniperus;* als zauberlösend *Adianthus, Ruta* und *Sideritis;* als geisterbannend *Absynthium, Ricinus, Cnebison, Scorditis;* Seelen der Abgestorbenen herbeirufend *Asphodellus, Osirite;* für Weissagungen *Laurus, Theangelis, Halicaccabi, Bellonaria, Vatica* u. s. w.; für Traumbilder *Strichnon, Thalassegle, Gelotophyllis, Sesamum, Nectanebi;* zu Liebeszauber *Oliva, Mandragora, Catanance, Cemos, Anacampserotis* und zu mehreren andern Zwecken noch die Kräuter *Myops, Zoolus, Adamantis, Cariacesia, Achaemenidon, Latace, Victorialis* u. s. w. vor, unter denen sich jeder denken kann was er will.

Überblickt man diesen oder den andern Zaubergarten, so ersieht man nicht undeutlich, dass es bei allen Pflanzen, die wir hier kennen lernten, weniger die Beschaffenheit der Natur war, wodurch sie eine Bedeutsamkeit erlangten, als die Nebenumstände, die bei ihrer Entstehungs- und Entwicklungsweise, so wie bei der Art und Weise der Einsammlung stattfanden. Die Tage, wenn die Ausgrabung einer Zauberpflanze geschehen soll, die Stellung der Planeten, der Apparat und eine Menge zu beobachtender Rücksichten verleihen denselben so gut wie den Heilpflanzen erst ihre erwünschte Wirksamkeit.

„Von Menschen und Gestirnen ungesehen, ungesprochen und ungehört soll der Sammler sich den heiligen Kräutern nahen."

Wer erkennt daraus nicht, auf welche kindische Weise sich der Mensch selbst täuschte und andere zu täuschen suchte, und wie er sich von dem eingewurzelten Aberglauben nicht eher loszumachen im Stande war, als bis ihn eine gründliche Kenntniss der Natur und Ausbildung des Geistes eines besseren belehrte.

Allem Zauberwesen liegt, wie gesagt, die Ansicht einer höheren Beseelung der Natur, einer Beherrschung der gemeinen Kräfte derselben durch die Geisteskräfte zum Grunde. Jene ihrem Wesen nach in den verschiedenen Körpern ausfindig zu machen, der Naturkräfte sich zu bemächtigen und sie nach eigener Willkür zu lenken, bildet die Basis aller Magie, die in der sogenannten Geisterbeschwörung am grellsten hervortritt. Die Theurgie so wie die Demonurgie sind

nur nach der Beschaffenheit der gerufenen geistigen Wesen verschieden.

Wie jedem Dinge gewisse Zeichen als Darstellung ihrer leitenden Geister eingeprägt sind, die man in besonderen Charakteren als Signakeln, Pentakeln, Insigeln u. s. w. zu erkennen glaubte, so war man der Meinung, dass auch jede Pflanze von einem besonderen Geiste beseelt und regiert werde. Diese beherrschenden Geister sind die Gestirne. *„Quot coelo stella, tot terrae herba. Sicut quaelibet stella suum spiritum, sic quaelibet herba suam stellam habet.“*

„Die Sympathie der sieben Planeten, sagt ein mit der orphischen Magie der Neuzeit Vertrauter, mit sieben Kräutern und sieben Steinen haben auch etliche kluge Philosophi naturales und zwar aus der Erfahrung observirt; dahin gehören die sich nach der Sonne wendenden Blumen (Sonnen-Wirbel), die nur einen Monat wachsende *(Lunatica)*, ferner *Capillus veneris*“ u. s. w.

Die Erschliessung dieser verborgenen Geister zu göttlichen, höheren Zwecken (Wunder) oder zu profanen (Zauberei) ist allein durch das jedem Wesen eingeprägte Zeichen, durch die Macht des Wortes (Zauberformeln) und durch die Beihilfe von Düften, Salbungen u. s. w. möglich. Nur auf solche Weise vermag der gebundene Geist sich loszumachen und sich zur Verfügung des Rufenden zu stellen.

Die höchste Macht des Zauberers stellt sich daher ohne Zweifel in der Geisterbeschwörung dar. Ausser dem lächerlichen cabalistischen Wortmysticismus, den eben so unfruchtbaren Signaturen sind Räucherungen und Salben als die einzigen hierbei wirksamen Mittel nicht zu übersehen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass hier narkotische und erregend narkotische Substanzen, die in dieser oder jener Form angewendet, Betäubungszufälle, Phantasmagorien aller Art u. s. w. hervorbringen, die Hauptrolle spielten, obgleich wir über die Beschaffenheit dieser Kräuter und vegetabilischen Substanzen gänzlich in Unkenntniss geblieben sind.

Es ist begreiflich, dass es einerseits das Interesse der leitenden Personen erheischte, über die angewendeten Mittel vollkommenes Stillschweigen zu bewahren, andererseits die Furcht vor Strafen jeden andern Betheiligten zur Geheimhaltung des ganzen Actes, den er als Neuling in seinen Einzelnheiten selten zu durchschauen vermochte, zu verbinden. Von den so zahlreichen im Munde des Volkes

herumlaufenden Geschichten von Geisterbeschwörungen, deren sich die darstellende Kunst sogar als eines der ergiebigsten und interessantesten Gegenstände bemächtigte, wissen wir so wenig über die dabei wesentlich wirksamen Mittel, dass wir kaum mehr als Muthmassungen zu äussern im Stande sind.

Die ausführlichste und schauerlichste Beschreibung einer Teufelsbeschwörung ist in Göthe's Benvenuto Cellini (Buch 2, Cap. 1) mitgetheilt. Ein Priester nimmt dieselbe im Jahre 1533 im Coliseum zu Rom vor. Der Teufel mit seinem ganzen Gefolge erscheint in furchtbarster Weise. Es ist hier ausdrücklich die Rede, dass ausser *Zaffetica (Assa foetida?)* kostbares Räucherwerk und auch böses Räucherwerk angewendet wurde, auch fehlte der Pentakel nicht [1]). —

Die Krone des Zauberwesens bildet jedoch immerhin die Hexerei, wo der Teufel auf das ausdrückliche Geheiss des Menschen zu allerhand Spott an dem Heiligsten, zum ruchlosesten Sinnengenuss und zum Verderben des Mitmenschen aus der Unterwelt heraufgerufen wird. Durch mehr als fünf Jahrhunderte hat das böse in mancherlei Gestalt erscheinende Princip unter allen Classen der menschlichen Gesellschaft in den europäischen und amerikanischen civilisirten Ländern dieses sein Unwesen getrieben, die Priesterschaft gegen dasselbe mit allen ihr zu Gebote stehenden Mitteln aufgestachelt und die Staatsverwaltung zur Ergreifung von Massregeln bestimmt, die zu den schaudererregendsten gehören, die wir in der Geschichte der Menschheit je in Anwendung kommen sahen.

Auch die Hexerei ist nicht selten durch Vermittlung von Zauberpflanzen und durch gewisse vegetabilische Substanzen getrieben worden. Diese, so weit dies möglich ist, etwas näher zu erforschen, ihren Einfluss auf die der Hexerei zum Grunde liegende Sinnesverwirrung zu ermitteln, mag den Schluss unserer Abhandlung über die Zauberpflanzen bilden.

Vorzüglich sind es Gebräue und Salben, welche hiebei benützt worden sind, deren Bestandtheile häufig ganz wirkungslose, zuweilen jedoch solche Pflanzen bildeten, welche besonders auf das Sensorium

---

[1]) Man führt an, dass der Erdrauch oder Elfenrauch *(Fumaria officinalis* L.*)* ehedem gleichfalls den Zauberern und Hexen diente, um Geister der Verstorbenen erscheinen zu lassen und sich selbst unsichtbar zu machen.

wirkten, Fröhlichkeit, wüste Träume, flüchtigen Wahnsinn, ja selbst wuthartige Anfälle hervorbringen. Zu den ersteren gehören Pflanzen wie *Innula Helenium, Artemisia vulgaris*, und *Artemisia Absynthium, Achillea Millefolium* u. s. w., welche als Hauptbestandtheile des sogenannten Neuerlei-Krautes gelten, oder *Lycopodium clavatum*, Beeren von *Viscum*, *Ilex* u. s. w., welche noch wirkungsloser als erstere sind; unter den letzteren sind einige Pflanzen zu nennen, welche durch ihre narkotischen Wirkungen ausgezeichnet sind, wie *Hyoscyamus niger, Atropa Belladona, Aconitum Camarum*. Merkwürdig sind die Recepte zu solchen Gebräuen, welche zum guten Theile immerhin auf Selbsttäuschungen hinauslaufen, denn die dazu verwendeten Kräuter, wie *Botrychium Lunaria, Verbena officinalis, Mercurialis perennis, Sempervivum tectorum, Lycopodium clavatum, Hyoscyamus niger, Heliotropium europaeum* mussten an bestimmten Wochentagen vom Montage an gesammelt werden, wenn sie wirksam sein sollten.

Das Wort Hexerei kommt von dem Worte Hexe her und dieses nach J. Grimm von *hage*, welches gewandt, kunstgeübt heisst; darnach würde Hexe so viel als eine weise, verständige Frau bedeuten. K. Simrok leitet es von *hagedise*, d. i. Hag, Hagen (Hain) und Disen, Idisen (Jungfrauen, göttliche Jungfrauen) ab. Die Hagedisen wären demnach Waldgöttinnen, Waldnymphen und den Oreaden und Hamadryaden gleichzusetzen und auf diese Weise unseren Walkyren zunächst verwandt, die auf Wolkenrossen reiten, aus deren Mähnen Thau und Hagel träufelt. In Niedersachsen heisst Hexe Wikerse von wiken (zaubern, weissagen), in Italien *strega*, welches von *strix*, einem weiblichen Unhold, der bei Nacht Kindern und andern lebenden Wesen das Blut aussaugt, abgeleitet ist und offenbar eine bösartige, lebensfeindliche Zauberei andeutet.

Aus dem nie zu Ende geführten Kampfe des Christenthums mit dem Heidenthume hervorgegangen und so auf einem lange und wohl vorbereiteten Boden entstanden, hat das Hexenwesen im Mittelalter und in der Neuzeit endlich eine solche Ausbildung erlangt, dass sie füglich als der Culminationspunkt des in dieser Richtung fortgesponnenen Aberwitzes angesehen werden kann, der in der Geschichte der Menschheit so weit getrieben werden musste, um der gesammten Zauberei und dem Wunderglauben den Todesstoss zu versetzen.

Nicht die Naturwissenschaften, wie Schleiden richtig bemerkt, haben hier zuerst aufgeräumt, „indem sie selbst vor Kurzem noch den Lederbalg mit tauben Kleien gefüllt, für den Stein der Weisen hielten," sondern die Philosophie, die nach langem kataleptischem Schlummer, in welchen sie Geistesarmuth und Willensagonie versetzte, erwachte und mit dem kraftvollen Cartesius es wagte den Gedanken, wenn auch nicht auf die Folter zu spannen, doch der schärfsten bis aufs Mark gehenden Analyse zu unterwerfen.

Wenn man in den Teufelsbeschwörungen und Hexengeschichten, die uns wenn gleich nur bruchstückweise die Geschichte erhalten hat, liest, was für Gutachten Ärzte abgaben [1]), mit welchen Kenntnissen Urtheile gefällt [2]) und Untersuchungen angestellt wurden [3]),

---

[1]) Eine Magd zu Baden, die an einer Armgeschwulst litt, erinnerte sich, dass kurz vorher eine Krämersfrau, bei der sie Pfeffer holte, ihr einige Artigkeiten wegen ihren schönen Armen gesagt hatte. Da die Frau schon früher einmal zum Verdruss der Obrigkeit einem ihr bereiteten Hexenprocess entzogen worden war, so ergriff man die Gelegenheit, sie von Neuem zu verhaften. Der Ehemann beschwerte sich beim Kammergericht. Das badische Gericht rechtfertigte jedoch sein Befugniss zu peinlichem Vorschreiten auf Zauberei aus folgendem Protocolle: Mattheis Haug, Bürger und Balbirer hie zu Baden, gab folgendes Gutachten. Es seye nit anderst gewesen, als wann die Finger darine getrückt weren, dahero zu besorgen, ess möchten drei Löcher in den Arm fallen und die schwindsucht darzue kommen. Ihren der Magd khöne solliches natürlicher Weise nit geschehen sein, weilen sie zuvor nie keinen Schaden daran gehabt. Liesse es auch dabei bewenden. Soldan l. c. p. 256.

[2]) Noch im Jahre 1703 bittet der Bürgermeister und Rath der Stadt Wien bei der nied.-öster. Regierung, sie wolle für die besessene Alexia Mezgerin, welche nach vielen geistlichen Exorcirungen unverrichteter Sachen im Jahre 1691 dem Pater Josepho, Pfarrherrn in Laxenburg, übergeben, folgends aber 1694 ins Bürger-Spital aufgenommen worden, ein besonderes Concilium Theologicum anordnen, damit ihres Zustandes und behafften bösen Geistes halber ex fundamento delibrirt, sodann zur allseitigen Ruhe ein erspriessliches Mittel vorgekehrt und bewerkstelliget werden möge. J. E. Schlager, Wiener Skizzen aus dem Mittelalter. N. F. II. 1842.

[3]) Fünf bis sechs Weiber zu Lindheim wurden entsetzlich gemartert, um zu bekennen, ob sie nicht auf dem Kirchhofe des Ortes ein vor Kurzem daselbst verstorbenes Kind ausgegraben und zu einem Hexenbrey gekocht hätten. Sie gestanden es. Der Gatte von einer dieser Unglücklichen brachte es endlich dahin, dass das Grab in Gegenwart des Ortsgeistlichen und mehrerer Zeugen geöffnet ward. Man fand das Kind unversehrt im Sarge. Der fanatische Inquisitor hielt den unversehrten Leichnam für eine teuflische Verblendung und bestand darauf, dass, weil sie es doch alle eingestanden hätten, ihr Eingeständniss mehr gelten müsse als der Augenschein, und man müsse sie zur Ehre des dreieinigen Gottes, der die Zauberer und Hexen auszurotten befohlen habe, verbrennen. Sie wurden in der That verbrannt. Horst, Zauberbibliothek II, p. 374.

ferner welches Spiel die Habsucht und der Eigennutz bei allen diesen Untersuchungen hatten [1]), endlich mit welcher Grausamkeit und mit welchem Blutdurste die Strafjustiz verfuhr [2]), so muss man über den so gepriesenen Fortschritt der Cultur, den die europäischen Staaten seit dem finstern XII. Jahrhundert bis auf unsere Tage gezeigt haben, nur sehr kleinlaut werden, da er vor den Wirkungen des fallenden Tropfens auf dem Steine nicht viel voraus hat.

Zur Hexerei bediente man sich allenthalben Salben, Getränke und Pulver; mittelst der ersteren beschmierte man sich entweder am ganzen Leib oder an einzelnen Theilen, vorzüglich an solchen, die sich durch die grösste Menge aufsaugender Gefässe auszeichnen, wie z. B. die Achselhöhlen. Nur die verirrte Phantasie hat auch die

---

[1]) Landgraf Ludwig III. von Thüringen setzte ein Gehöfte als Belohnung für denjenigen aus, der ihm über die Seele seines verstorbenen Vaters Ludwig des Eisernen Nachricht bringen würde. Ein in der Nekromantie erfahrener Geistlicher rief den Teufel und stellte ihm die Sache vor; dieser gab sein Wort, den Clericus nicht in Gefahr zu bringen, trug ihn rittlings an eine Art von Brunnenschacht, aus dem die höllischen Flammen schlugen und wo er ihn gegen die Angriffe der andern Teufel schützte. Jetzt erschien die Seele des Landgrafen im Feuer und verordnete zu ihrer Erleichterung die Rückgabe der mit Unrecht der Kirche entzogenen Güter. Der Clericus brachte die Botschaft zurück, war aber durch den Anblick der Höllenstrafen so erschüttert worden, dass er sich bekehrte und in den Orden der Cistercienser trat. Illustrium miraculorum et historiarum memorabilium lib. XII ante annos fere CCCC a Caesario Heisterbachensi, ordinis Cisterciensis — de iis qua sua aetate memoratu digna contigerunt accurate conscripta ex Colon. 1599. —

Der Canonicus Loos, dem die Freimüthigkeit, mit welcher er gegen solchen Unfug auftrat, mehrmals Kerkerstrafe zuzog, nannte die Hexenprocesse eine neu erfundene Alchemie, durch welche man aus Menschenblut Gold und Silber mache. Vierzig Jahre später sagte Friedrich Spee, dass Viele nach den Verurtheilungen der Zauberer hungerten, als den Brocken, davon sie fette Suppen essen wollten.

Nach den Merseburger Hexenprocessacten wurde in der That sogar mit dem Fette der verbrannten Hexen Handel getrieben.

[2]) In dem merkwürdigen Hexenprocesse gegen die 40jährige Emerenzia Pichler aus Taffereken in Tirol, Mutter von acht Kindern, welche am 27. September 1680 zu Lienz in Tirol erdrosselt, dann enthauptet und endlich verbrannt wurde, heisst es: „Auf das Urtheil des ersamben weissen Christophen Mohr, Landrichter zu Lienz als Untersuchungsrichter, nach welchem Em. Pichler beim Hinführen auf die Richtstätte fünfmal mit Zangen zu zwicken sei, erliess die hochlöbliche ob.-österr. Regierung das ratificirende Erkenntniss, dass zum Fall sie sich bekehren und in solchem Stand zu sterben begehren würde, die fünfmalige Zwickung erst wann die Erdrosslung auf dem Scheiterhaufen beschehete, vorgenommen werden solle." Dr. J. Pfaundler, Über die Hexenprocesse des Mittelalters mit specieller Beziehung auf Tirol. Neue Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg. Bd. IX. 1843, p. 20.

Stöcke und Besen worauf die Hexe reitend durch die Lüfte flog, mit der Hexensalbe beschmiert. Tränke, Räucherwerk und Pulver erscheinen viel seltener.

Aus den von verschiedenen Richtern über die Beschaffenheit, die Bestandtheile und die Zubereitung der Hexensalbe erlangten Aussagen sind nur meist sehr widersprechende Angaben erzielt worden. Sie wird bald von grüner, weisser, bald von blauer oder schwarzer Farbe angegeben; sie ist geruchlos oder stinkt, sie ist giftig oder unschädlich oder beides zugleich, je nachdem sie im Besitze der Hexe oder in der Hand des Gerichtes ist[1]). In Spanien salbte sich eine Hexe vor den Augen der Richter an verschiedenen Theilen ihres Körpers, um auf Aufforderung derselben eine Probe ihrer Luftfahrt abzulegen[2]).

Die 36 Jahre alte Ursula Kollarin, welche am 10. Dec. 1661 in Gutenhag (Steiermark) als Hexe erdrosselt und verbrannt wurde, bekannte, nachem sie den Hexensabat genau beschrieb. „Nach vollbrachtem Essen hatte die alte Wollwertkhin sie allesammt mit einer schwarzen Salbe unter den Jaxen (Achseln) angeschmiert, auf welches allen der Leib fedrig geworden und alsbald am Rohitschberg gleichsam wie Storchen geflogen.“ Sie gibt zugleich an, dass sie beim Beginn des Hexengelages von dem ihr zugebrachten Wein gekostet habe, worauf „ihr der Kopf gleichsam ohne Vernunft gewesen sei[3]).“

Die in demselben Jahr, aber etwas früher (18. Nov.) zu Gutenhag erdrosselte und verbrannte Hexe Elleenka Schaupergerin gesteht, dass sie zweimal auf einem mit einer gelben Salbe angeschmierten Ofenwisch, welchen ihr eine gewisse Ferkhin auf eine Kranabetstaude (Wachholder) neben dem Gradischkreuze hingelegt habe, aufgesessen und nach dem Rohitschberge geflogen[4]).

Die 70jährige Elisa Plainacher, welche wegen überwiesener Zauberei und Hexfahrten am Ötscher (Österreich) an einen Pferdeschweif gebunden, nach Erdberg (Vorstadt von Wien) geschleppt und dort lebendig verbrannt wurde, sagte aus: „Wenn sie ausgefahren, so habe ihr der Teufel allezeit die rechte Seiten ab und ab

[1]) Nicolaus Remigius, Daemonolatria p. 42.

[2]) Soldan l. c. p. 330.

[3]) Original-Acten im Archiv d. hist. Vereins in Steiermark Nr. 80.

[4]) Idem Nr. 81.

mit ainer stinkhenden salb geschmiert, allein den Khopf nit.“ Ferner: „der Teufel hab sie mit ainer Salmb an der rechten Seiten geschmiert. Dass aber ihre Khüeh vill milch geben hab ihr der Teufel etlich Khräutter zeigt, die sie ann einem Sambstag da ihr Losnacht ist, hat müssen abbrechen, und dem Vieh unterlegen, da es darüber ganngen. Dieser Kräuter ains ist formirt wie die Hunndtsklaettl“.[1])

Der 40 Jahre alte Jacob Pugel sagt am 17. Mai 1674 vor Gericht aus, dass der damals bereits justificirte Jacob Kropf zu ihm ins Haus gekommen sei, als er eben vom Weinberge dahin zurückkehrte, „habe ihm beschmiert, waren sodann mit Einander zu der Compagnie gegangen und alle sambt dem Pfarer in den Schiesselberg gefahren“.

Der 70jährige Michael Zotter erzählt von dem Gelage am Kreuz: „Wehre maistentheils rauschig gewessen vnd nicht“ (beim Fliegen) „nachher komben mögen[2]).

Von der berühmten Maria Renata (1749) erzählt der Abt:[3]) „Wir erhielten aber nichts von ihr, als eine gute Portion Maushaar und Kräuter, welche sie zur Hexerei annoch im Kerker reserviret zu haben eingestanden.“

Näheres über die Zusammensetzung der Hexensalbe erhalten wir aus den Buseck'schen Acten (Actum den 29. April An. 1656). Auf die Frage, woraus die Hexensalbe gemacht wurde, erfolgte die Antwort: „Aus den Hostien, welche sie und alle Hexen beim Abendtmal in der Kirchen aus dem Mundt genommen, in der Hand behalten, dem Teuffel beim Hexendanz geopfert und solche nachgehends wieder von Ihme bekommen, den heiligen Wein empfangen sie in der Kirche in gedanken auch ins Teuffels nahmen. Sie P. Beklagtin seye da bevor umb ein Kindt kommen, das habe sie auch dazu gebraucht die Scheiden Möllerin, die Butsch, dess Herrn Fraw haben die Salben helffen kochen.“

Die vorerwähnte Emerenzia Pichler will zur Bereitung der Zaubersalbe, womit sie sich nie, wohl aber die Ofenschaufel, Stäbchen u. s. w. beschmierte, mittelst welcher sie aufflog, die Asche ermordeter Kinder verwendet haben[4]).

---

[1]) J. E. Schlager l. c. p. 108.

[2]) J. v. Hammer-Purgstall, Gallerien v. Riegesburg.

[3]) Soldan l. c. p. 462.

[4]) Pfaundler l. c.

Diese und viele andere in Hexenprocessen vorkommende Angaben vom Gebrauche einer Salbe können unmöglich ganz und gar aus der Luft gegriffen sein. Es ist bei näherer Erwägung der Umstände sogar wahrscheinlich, dass in vielen Fällen dieselbe sicherlich einen Einfluss auf die erzeugten Vorstellungen von Fliegen, von Gelagen, Tänzen, vom Geschlechtsgenusse u. s. w. gehabt haben mag. Leider sind wir nicht im Stande uns über diesen Punkt Gewissheit zu verschaffen, indem in den meisten Fällen die Untersuchungsrichter es versäumt haben, sich dergleichen Salben vorweisen zu lassen, den Effect der Einreibungen zu beobachten und sich über die chemische Zusammensetzung Aufklärung zu verschaffen. Aus den Recepten jedoch, die uns Weier [1]) nach P. S. B. Porta (Magia natur. Lib. 2) über die Hexensalbe mittheilte, ersehen wir, dass unter vielen wirkungslosen Substanzen immer die Säfte narkotischer Kräuter eine Rolle spielten. Als Bestandtheile derselben werden angegeben: Kinderfett *(puerorum pinguedo). eleoselinum. aconitum, frondes populneae* und Russ *(fuligo)* — oder *Sium. Acorum vulgare, Pentaphyllon (Potentilla reptans)* Fledermausblut *(Vespertilionis sanguis), solanum somniferum,* und Öl *(Oleum).*

Auch Cardanus [2]) giebt eine ähnliche Zusammensetzung der Hexensalbe, bestehend aus Kinderfett aus Gräbern, Saft von *Apium, Aconitum, Pentaphyllum* und Russ. Einreibungen mit dieser Salbe, welche versuchsweise angestellt wurden, haben in allen Fällen bald festen, tiefen Schlaf und die seltsamsten angenehmen, wie die fürchterlichsten Traumbilder erzeugt. Ohne Zweifel sind das nur einige wenige Formen der Hexensalbe, welche häufig ganz verschiedene Mischungen erhielten [3]), und entweder dem Taumellolch, dem gefleckten und dem Wasserschierling *(Cicuta virosa* und *Conium maculatum)* der *Lactuca virosa, Atropa Belladona, Hyoscyamus niger* u. s. w., ihre Wirksamkeit verdankten, von denen aber aus begreiflichen Gründen die Processacten nie etwas enthalten. Dass indess auch der übermässige bis zur Berauschung gesteigerte Weingenuss solche Träumereien erzeugte, dessen sich die Betroffenen in dem darauf

[1]) J. Wierus, de praestigiis Daemonum. Lib. III. C. 17.

[2]) Hieron. Cardanus, De mirabilibus Lib. XVIII. p. 527.

[3]) Ganz ohne Wirksamkeit ist z. B. das *Unguentum Pharelis,* dessen Dr. Hartlieb, Leibarzt des Herzogs Albrecht von Baiern, anno 1455 erwähnt, und das aus den pag. 336 genannten 7 Kräutern bereitet wurde.

erfolgten wachen Zustande mehr oder minder deutlich erinnerten, will ich nicht in Abrede stellen.

In wie weit Örtlichkeitsverhältnisse der Hexerei ein eigenthümliches Gepräge ertheilten und daher wohl zu Vermuthungen über bestimmte Einwirkungen Veranlassung geben, ersehen wir aus den in Jos. v. Hammer-Purgstall's „Gallerinn von Rieggersburg," Band III, mitgetheilten Processacten, welche die Geschichte von Hexereien enthalten, die in einem der schönsten und fruchtbarsten, leider aber dem Hagelschlage sehr unterworfenen Theile der Steiermark durch eine längere Zeit vorfielen. Der berühmte Hexenprocess von Feldbach, aus welchem hervorgeht, dass in der Zeit vom Jahre 1672—1674 einige zwanzig Hexen hingerichtet wurden, das summarische Protokoll vom Schlosse Gleichenberg, nach welchem blos vom Jahre 1689—1690 neununddreissig Malefiz-Personen *in puncto magiae* theils mit dem Schwerte, theils mit dem Strange hingerichtet und ihr „Cörper sambt dem haubt" zu Staub und Aschen vertilgt worden, geben uns die traurigen Belege, wie Unwissenheit und Aberglaube überall ihre Opfer forderten. Noch kennt man die Richtstätte zwischen Gleichenberg und Trautmannsdorf, wo dieses das Jahrhundert schändende Werk der Humanität mit geschäftiger Hand verübt wurde. Wir erkennen aus der herzlosen Sprache des Protokolls freilich nicht mehr die Jammergeberden und den inneren Kampf, der diese Unglücklichen, bis auf das Hemd entkleidet, vom Scharfrichter auf die Leiter gebunden mit angezogener Chorde und Beinschrauben, zu Geständnissen zwangen, von denen sie nichts wussten oder von denen sie nur im Irrsinn träumten.

Aus der Gleichartigkeit des Geständnisses lässt sich sogar auf vorher articulirte Fragen mit Bezeichnung bestimmter Personen schliessen, die ebenso den grellen Unverstand und die raffinirteste Grausamkeit, so wie die Blutgierde der Strafjustiz beurkunden.

Es ist für unseren Zweck nicht unwichtig, diese Geständnisse, so vag und unbestimmt sie auch sind, zu vernehmen.

Alle diese Unglücklichen bekennen fast einmüthig, dass, indem sie auf dem Felde oder beim Laubrechnen und Schwammsuchen im Walde beschäftiget waren, der Teufel zu ihnen gekommen sei. Die Veranlassung zu dieser Begegnung ist entweder ein blosses Ungefähr oder Traurigkeit, Noth, Elend, Kummer und Sorgen. Misshandlung von Seite der Männer lässt die Weiber im Teufel einen Tröster

finden, so wie Mittellosigkeit in demselben einen stets bereitwilligen Gönner. Immer tritt der Teufel zuerst als Tröster auf, verspricht den Betrübten alles was sie nur immer wünschen, verspricht ihnen das angenehmste, sorgenloseste Leben und fährt dann im Nebel (nepl) mit ihnen fort.

Der Teufel wird einmal als schmucker Bauernbursche, meist als feiner Herr im schwarzen oder braunen, sammtenen Kleide, seltener als ein in Lumpen gekleideter Bettler oder Bauer geschildert. Nur einige Male ist er eine schmucke Bauerndirne und ein kleines Mädchen mit schwarzem Hute. Seine Hand verunstalten stets „Hunds- oder sperber-Khrampel". Gar nicht selten nimmt er die Gestalt eines schwarzen Hundes oder einer einschmeichelnden Katze an, verwandelt sich aber bald in einen vornehmen Herrn. Seine Stimme ist stets eine undeutliche Nasenstimme „er schnoffelt", woraus man ihn auch am besten erkennt. Es ist merkwürdig, dass die als Hexe hingerichtete Ursula Grindlin, eine Bauersfrau von 50 Jahren, über die Gestalt des ihr erschienenen Teufels geradezu angibt, dass er so ausgesehen habe, „wie Er zu Trautmannsdorf (an der Kirche) angemallener aussieht".

Auf jene Versprechungen folgen nun sogleich die Forderungen des Teufels, denn umsonst thut er nichts. Unter diesen steht jedesmal zuerst die Leugnung der heiligen Dreifaltigkeit und Verschreibung der Seele oder, wenn dies nicht, die Zusicherung der Seele eines Kindes, was auch stets ohne viele Umstände bewilliget wird. Manchmal vergessen die zu Sklaven des Teufels Gewordenen ihres Eides und nennen zufällig die heilige Dreifaltigkeit, aber urplötzlich empfangen sie mit dem Aussprechen dieses Namens von unsichtbarer Hand sogleich eine „Taschen" (Ohrfeige).

In der Regel werden alle diese Personen im Nebel an irgend einen Ort „Kreuzweg oder Kreuz" [1]) geführt, wo getafelt und getanzt wird, auch fehlt es selten an Unzucht. Nach einigen Stunden befinden sie sich aber wieder an einem ihnen bekannten Ort und gehen allgemach zu Hause. In andern Fällen, was häufiger geschieht, werden sie auf einen nahe gelegenen Berg geführt oder getragen. Sie reiten dabei auf einem schwarzen Pferde, das der Teufel mitgebracht, sitzen mit demselben in einem Wagen oder fliegen in

[1]) Hier jedes Heiligenhäuschen so genannt.

Gestalt eines Sperbers oder Raben dahin. Die 40jährige Eva Stürkhin erzählte sogar, dass ihr der Teufel in Gestalt eines Bockes zwischen die Füsse gefahren und sie fortgetragen habe. Die meistgenannten der Berge, wohin sie ihre Fahrten machten, sind der Gleichenberger und Stradner Kogel, zuweilen auch der Schöckel, ein Berg bei Grätz.

Auf diesen Höhen geht es nun ausserordentlich lustig zu. Es wird gegessen, getrunken, getanzt, alles in einem grossen Tumulte. Stets sind schon mehrere Personen versammelt, oft „so vüll leuth wie ein Pinnschwarm". Dem Ankommenden sind meistens mehrere derselben bekannt, viele nicht, und wehe jenen, deren Namen nun vor dem Gerichte angegeben werden. Es kommt nicht selten vor, dass vier und mehrere Hexen eine und dieselbe Person bei jenen Teufelsgelagen bemerkt hatten. In diesen Protokollen traf dies traurige Geschick namentlich den Spielmann Schlosser Änderl [1]). Tische sind nach der Anzahl der Personen immer mehrere, stets proper hergerichtet. Die Speisen bestehen aus verschiedenen Braten, namentlich Hühner- und Kalbsbraten, manchmal Enten- oder Gänsebraten, Rindfleisch, Würsten, Fischen, Krebsen, Krapfen, Kraut, Rüben, Knödel und Sterz, gebackenen Schwämmen, Sauce, alles auf zinnernen Geschirren (den vornehmsten zu jener Zeit) aufgetragen und nach der Örtlichkeit ihrer Anschauungen und Erfahrungen. Statt gesegnete Mahlzeit wird „Passah" gesagt. Der Wein, an welchem Überfluss ist, wird stets aus dem Stamme einer Buche oder Eiche gelassen und in schönen Krügen oder gewöhnlich in silbernen Bechern kredenzt. Dabei sind Männer beschäftiget, während die Küche immer und zwar meist bekannte Weiber besorgen. Alle Speisen sind gut, aber, was höchst merkwürdig, sie sättigen nicht; [2]) ebenso ist der Wein zwar berauschend, aber er ist sehr häufig wässerig, nicht besonders gut oder wohl gar mit einem besondern Geschmack „artlichen Geruch" versehen.

---

[1]) Der häufig schon Morgens betrunkene Schlosser Änderl bekennt: dass, als er nach dem Geigen um 9 Uhr Vormittags aus dem Hause wegging, ihm der Teufel begegnete und beim Wandern durch den Wald von Stein ihm ein Nebel vor die Augen gekommen sei. Er befand sich sodann auf dem Gleichenberger Kogel mit mehr als 200 Personen. „Auf einer Poting seyn Brot vnd Wein dagestandten, er habe geigen müssen, wären etwan ein stund lang beisamben gewesst, hernach wären alle voneinander, vnd wie er wider zu sich selbst vnd sein Sün khumben wäre er in Khollstorfer walt gewesst vnd seye von dorth haimgangen beyleiffig vmb ein Uhr nachmittag haimkhumben."

[2]) Das gewöhnliche Gefühl aller Gastmäler im Traume.

Zum Tanze spielen Musikanten auf der Geige, Pfeife, Hackbrett, Bass, Trompete u. s. w., seltener machen die Versammelten mit Schüsseln und Schlüsseln einen Lärm wie eine Katzenmusik [1]). Nach einigen Stunden, oft früher, endet das Trinkgelage. Der Teufel mit Ross und Wagen „Khoblwagen, Khalless" im Zwei- oder Vier-Gespanne steht nun bereit, die Gesellschaft aufzunehmen und durch die Lüfte zu führen. Entweder setzt er seine Gesellschaft bald darauf im Walde, auf einer Wiese, an einem Kreuze oder einer Brücke auf die Erde nieder, und dann hat das Ganze sein Ende, oder es geht nun zu einem bei Weitem wichtigeren Geschäfte, nämlich zur Hervorbringung von Sturm, Gewitter und Hagel. Alle diese Naturphänomone, deren nähere sowohl als entferntere Ursachen wir auch gegenwärtig noch nicht genau kennen, schreiben sich die Unglücklichen als eine ihrer vorzüglichsten Künste selbst zu. Es werde dies auf folgende Weise ausgeführt. In einer Pottich wird Wasser und Schnee zusammengerürt „oder auss denen wolkhen vnd allerley andern gfräss mit den hendten, khlainer schauer zusammengewalzen, woraus erstlich schwarze hernach weisse khigele" daraus werden. Die geweihte Hostie spielt dabei stets eine nothwendige Rolle, welche meist bei irgend einer Communion von dem Unglückseligen aus dem Munde genommen und für diesen Zweck aufbewahrt wird. Diese scheint nach den dunkeln Aussagen, nachdem sie verunehrt („darauf hospiert vnd s. v. ihr Wasser gelassen") erst die Verwandlung der Steine in Eis bewerkstelligen zu können. Der so bereitete Hagel wird nun in Säcken, Körben, Schürzen u. s. w. gesammelt und bei dem Fahren durch die Luft herum gestreut. Endlich senken sich diese Zauberer und Zauberinnen auf ein bekanntes Feld nieder und gehen nach Hause. Nicht selten trifft es sich, dass dieselben darauf durch längere Zeit aus Unwohlsein das Bett hüten müssen. Zuweilen geschieht es, dass sie von einem Berge zum andern fahren, wobei sich jedesmal dieselbe Scene wiederholt.

Bezeichnend für die ursprüngliche Bedeutung dieser Lustgelage ist es, dass der Teufel die Weiber nicht selten zur Unzucht

---

[1]) Der Mössl Schuester und der Schlosser Änderl, die bekannten Geiger dieser Gegend, müsseu auch hier aufspielen.

verleitet. Sie sagen aus, dass sein Glied unförmlich „wie ein Gannsdarm“ oder stark und gross wie das eines Pferdes sei. Auch sei das selbe hart „als wenn es von lauter Holz vnd staindlein darunter gewesst“. Sein Same wird stets als kalt, sogar als eiskalt beschrieben, auch erregt er nie Wollust, wie lange der Beischlaf auch getrieben werden mag.

Dass der Teufel nur ein Phantom, sollte für die Unglücklichen schon daraus hervorgegangen sein, weil er sein Versprechen nie hält, und was er auch Angenehmes und Gutes wie z. B. Geld darbrachte, dasselbe immer nur eine unflätige Äfferei zum Zwecke hatte.

Die Hexengelage finden zwar vorzüglich im Sommer zur Erntezeit „Thraidtschnidt“, aber auch zu anderen Zeiten Statt, ja selbst im Winter und im Fasching; dabei wird zwar nicht Hagelwetter gemacht, allein Unzucht in aller Weise getrieben, wobei der Teufel sich den Weibern Nachts im Bette oft an der Seite ihrer Männer nahet. —

Es ist schwer, aus diesem sonderbaren Gemische von Wahrheit und Täuschung in's Reine zu kommen und den Faden zu finden, der bei Erklärung dieser Thatsachen aus dem Labyrinthe führen kann. Ich will es hier versuchen.

So viel ist indess sicher, dass moralische Verwahrlosung und der von der Priesterschaft oft genug grell und eindringlich dargestellte Glaube an die Persönlichkeit des Teufels, so wie andererseits die Verführung, die namentlich von den Landgeistlichen selbst ausging, wesentlich dazu beitrug, die eingebildete und thatsächliche Wirksamkeit der Hexen festzustellen.

Grobe Unsittlichkeit, selbst Sodomie steht dabei im Vordergrunde. Ohne Trunk, Völlerei und Beischlaf geht es niemals ab. Die Buhlerei mit dem Teufel verwirrt gewöhnlich ihre Sinne und die grössere Empfänglichkeit des Weibes bringt es mit sich, dass die Mehrzahl der Hexen weiblichen Geschlechtes sind [1]). Bei diesem moralisch verwahrlosten Zustande und bei der häufig damit ver-

[1]) Im Feldbacher Hexenprocesse sind unter 20 Verurtheilten 14 alte Weiber gewesen. Das summarische Protokoll von Gleichenberg gibt von 39 Malefiz-Personen 26 Weiber an. Im berühmten Hexenprocesse von Mora in Schweden (1670) sind 72 Weiber hingerichtet worden. Demgemäss heisst auch der wichtigste Codex nicht Maleus malificorum, sondern M. malificarum.

bundenen Noth war es den Verführern leicht, zu obigen Resultaten zu gelangen.

Als sehr nahe betheiligt und vielleicht sogar als die unmittelbaren Anleiter an dem Zauberwerke glaube ich für die bezeichnete Gegend die Zigeuner nennen zu müssen. Wie schon J. v. Hammer-Purgstall angibt, deutet der häufig vorkommende Name des Teufels Kasperl auf den Namen Kasib. Ungefähr um 1417 kamen die ersten Zigeuner nach Ungarn und von da in die benachbarte Steiermark. Ihre Religionslosigkeit, ihr Hang zur Zauberei hatte in den Bewohnern dieser Gegenden bereitwillige Lehrlinge gefunden. Die Beschreibung des Teufels passt oft so genau auf einen gelbbraunen in Lumpen gekleideten Zigeuner, dass man keinen Augenblick an dem bei dieser Vorstellung vorschwebenden Bilde zweifeln kann. Unter den Hausgeräthen der Zigeuner, so karg dieselben unter diesem stets in Wäldern lebenden Volke sind, fehlt nie der silberne Becher. Merkwürdig genug wird der aus der Eiche gelassene Wein immer in Bechern credenzt. Der böse Feind macht den Personen, nachdem sie sich ihm ergeben, häufig durch Kratzen ein Zeichen in die Haut (Genick, Finger oder Hand), welches mit der Hostie zu einem unveränderlichen Mal eingerieben wird. Ich glaube solche Zeichen auch bei Zigeunern oft gefunden zu haben.

Allein ohne allgemeine über ganz Europa wirksame Ursachen anzunehmen, wird es bei allem dem noch immer unerklärlich, wie Einwirkungen durch Verführung auf rohe, moralisch verwahrloste Menschen diesen seltsamen Effect hervorbringen konnte.

Hierüber kann nur ein Umstand Licht verbreiten, nämlich das Fortleben heidnischer Sitten und Gebräuche in einer keineswegs noch ins Blut aufgenommenen christlichen Weltanschauung. Mit Recht bemerkt K. Simrock, dass im Volksglauben die deutschen Priesterinnen noch fortleben nicht blos als Hexen, sondern auch als Wahrsagerinnen und Ärztinnen. Sich zu feindseligen Wirkungen zu bekennen konnten sie von jeher nur gezwungen werden, aber das Gewerbe des Besingens und Wunderbesprechens, gewöhnlich Rathen oder Böten (Büssen, bessern) genannt, die Anwendung der Zauberei auf die Heilkunst, treiben unsere weisen Frauen neben der Weissagung ziemlich unbeschadet fort. Demnach stellt sich das Hexenwesen als ein allgemeiner Kampf des christlichen Principes mit dem aus der Urzeit herausgebildeten und im Volksleben noch überall erhaltenen

Heidenthume dar, der insoferne als wahnwitzig zu bezeichnen ist, als er grösstentheils gegen einen der Art nach selbst geschaffenen Feind geführt wurde und anderseits durch Waffen, die ihn jedenfalls erfolglos machen mussten.

Dem Zigeuner als Wahrsager und Zauberer sind alle Mittel bekannt gewesen, deren sich Menschen zur Betäubung der Sinne, zur Aufregung einer zügellosen Phantasie von jeher bedienten. Mit dem Gebrauche des Opiums musste er von seinen ursprünglichen Stammsitzen am Indus aus bekannt sein, und in der That ist es nur zu bekannt, dass Opium stets zu den Artikeln gehört, die der obdachlose Zigeuner mit sich führt und, wo das durch eine geregelte Polizei nicht gehindert ist, sogar damit Handel treibt.

Nebst dem Opium waren ihm andere Narcotica, wie Hanf, Bilsenkraut, auch Zigeunerkorn genannt, und der Stechapfel nicht unbekannt. Wenn der letztere auch nicht durch die Zigeuner nach Europa eingeschleppt wurde, so trugen dieselben doch ganz sicher zu seiner Verbreitung bei. Ohne Zweifel sind sie mit demselben gleichfalls schon in ihrem Vaterlande bekannt geworden, wo er noch jetzt geistigen Getränken zugesetzt und von Dieben und Räubern in verschiedener Form als ein sehr bequemes Mittel ihr Geschäft sicher zu betreiben benutzt wird. Merkwürdig ist, dass sowohl der gemeine Stechapfel (*Datura Stramonium* L.) als die andern Arten, von denen zwei, nämlich *Datura metel* und *Datura sanguinea*, Amerika eigen sind, ganz ähnliche Wirkungen hervorbringen, welche sich von den Wirkungen anderer Betäubungsmittel durch ganz eigenthümliche Hallucinationen auszeichnen. Um mit den Geistern seiner Vorfahren in Verkehr zu treten, trinkt der Peruane ein aus den Samenkapseln der *Yerba de huaca (Datura sanguinea)* bereitetes Getränk —Tonga—, und Gassendi erzählt, dass ein Schäfer in der Provence sich durch den Genuss von *Stramonium* zu visionären und prophetischen Zuständen vorbereitete.

Inwieferne nun die Anwendung des Stechapfels für sich allein oder in Verbindung mit andern Narcoticis zu den vorerwähnten Zwecken beitrug, bezeugen die klarsten Angaben jener Unglücklichen und Verirrten vom Gebrauche eigener Salben, welche sie selbst Hexensalben nannten.

Peter Fosselt, der am 20. Mai 1689 in Gleichenberg hingerichtet wurde, sagt: „er hab Sich wan ihme der Lust ankhummen,

mit der hexensalben Geschmiert, vnd wehren allezeith in habichgestalt aintweder am khönnigs: Stradner oder gleichenberger khogel geflogen".

Die Anwendung der Salbe hat sie stets entweder zu Habichten oder Raben, so wie zu Störchen gemacht.

Gewöhnlich — und was noch mehr für obige Ansicht spricht — hat sie der Teufel (Mändl, Kasperl, Riepl u. dgl.), nachdem er mit ihnen eine Zeit lang gegangen, „vnter den Jaxnen angeschmiert" und wo das nicht ausdrücklich bemerkt wird, heisst es oft: „hab ihro den Sinn benumben". Jener 28jährige Fosselt gibt über die Salbe noch Näheres an, indem er beifügt: „Eben im besagten Hölz (der Mörkendorfer Gemeinde) habe der bese ihnen (ihm und seinem Weibe beim Schwämmesuchen) auch damallen in einen schwarzen Tögeln ein plaugrienes Salben geben, damit Sye sich vnter dem Jaxnen geschmiert, darauf Er vnd sein Weib alsobald in Habich: der bese aber in Rabengestalt auf den Stradner-Kogel geflogen, da selbst Sich der bese widumben in eines Schenen herrn gestalt verkhert, so Casperl geheissen, hab mit einer Timperen Stimb, als wann Er Hayser wär gerödt u. s. w."

Auch die in den gleichen Hexenprocessen berüchtigte Gera Gregorischka bekhent, dass Sie mit der teuflischen Salben, welche Sie auf den Khlek (Klöch?) und zum Fliegen gebraucht, des gnädigen Herrn Graff (Purgstall) und Frau Gräffin Betten angesalbt und mit ihren s. v. Waser besprengt. Dieselbe gesteht ferner, dass bei Nachsuchung des in ihrer Truhe Vorgefundenen eine „Hexensalbe, Pulverle" und andere zur Hexerei dienliche Sachen vorhanden waren. „Item bekennt sich auch zur Präparirung von teuflischen Composita". Sie sagt ferner, sie hätte der Frau Gräfin von Warzenberg ein „vergiffts Pulverl" insgeheim auf ihr Begehren gegeben.

„Auch Kathra Valetkha bekhent Item wann wo und auss wahs Sie dieselbe teuflische Salben gemacht, ist alles in dem Process ganz deutlich beschriebener zu fündten[1])." Hexen, welche auf dem Klöch zusammenkamen und gleichfalls hingerichtet wurden, haben dem gnad. Herrn Grafen (Purgstall) ein nussbaumenes Laub oder Blatt. Der gnädigen Frau Gräfin aber ein apflbaumenes Blatt mit ihrer

[1]) Gera Gregorischka, Anna Loghaiza, Bora Adleschitschin Suppanin, Nescha Schulzin, Anthans Weib, so wie Cathiza Volletkha waren sicher alle Zigeunerinnen.

teuflischen Salben angeschmiert und in das Bett gelegt, worauf er krank wurde, sie sogar starb.

Eine andere Frage ist die, ob die höchst wahrscheinlich zur Erzeugung von Betäubung benutzten Narcotica hier zu Lande auch noch in anderer Form als in jener von Salben angewendet wurden. Hierauf wage ich nicht, etwas bestimmtes zu erwidern, obgleich der Umstand, dass der in den Phantasmagorien der Hexengelage vorkommende Wein häufig trübe erscheint und fast nie wie ein anderer Wein schmeckte, anzudeuten scheint, dass der vielleicht hie und da zur Berauschung in Wirklichkeit getrunkene mit narkotischen Beigaben versehen war. Directe Angaben fehlen jedoch hierüber gänzlich.

Aber ganz ohne sichere historische Begründung scheint mir die Annahme des Herrn von Hammer, dass die Schaukel und das Ringelspiel zur Hervorbringung des Schwindels und der Vorstellung des Fliegens hiebei eine Anwendung gefunden habe.

Leider sind nähere Angaben über die Bestandtheile der in den besprochenen Processen angewendeten Hexensalben in den darüber vorhandenen Protokollen nicht zu finden. Sie würden uns aber auch bei den mangelhaften Kenntnissen der Richter und der Ignoranz der zur Gerichtspflege beigezogenen Ärzte und Bader sicherlich wenig Erspriessliches geliefert haben, wenn nicht durch unmittelbare Versuche mit der Anwendung derselben ihre narkotisirende Wirkung erprobt worden wäre. Doch zu so einfachen Schlüssen zu kommen, war der befangene Geist des Jahrhunderts noch nicht reif.

Werfen wir nun noch schliesslich von dem Herde der Zauberei den das östliche Mittelmeer umgebenden Ländern, so wie vom nördlichen Europa, einen Blick auf andere Erdtheile, so sehen wir nach dem mannigfaltigen Charakter und den verschiedenen Culturstufen der Völker die Zauberei auch in verschiedenen Formen und Graden in grösserer oder geringerer Ausbreitung auftreten und dabei natürlich auch einige Gewächse eine Rolle spielen.

Begreiflicher Weise ist hier Indien zuerst zu nennen, vielleicht der eigentliche Ausgangspunkt der Zauberei für ganz Asien, Europa und den Norden von Afrika. Im Atharva Veda sind uns noch die Sprüche und Beschwörungsformeln aufbewahrt, womit der Inder in unvordenklicher Zeit durch Zaubermacht Unglück und Sorge abzuwenden

Gelingen und Glück herbeizuführen suchte. „Diese Segen und Flüche — sagt Dr. R. Roth[1]) — streifen allerdings oft an das religiöse Gebiet, denn sehr häufig werden die Götter ebenso dabei angerufen wie in jedem andern Gebete, aber die Richtung des menchlichen Willens ist dennoch eine grundverschiedene. Das Gebet des Frommen stellt es den Göttern anheim, für ihn zu handeln; der Beschwörer nimmt die göttliche Macht für seinen Willen und sein Handeln in Anspruch; sie soll gleichsam an ihn, den Menschen, abgetreten werden". Noch jetzt sind die Brahmanen im Besitze eigener Zaubermittel, und indische Gaukler sind im Stande, die wunderbarsten Dinge hervorzubringen.

Eben so ist es bei den Finnen, wo der erste Held der Kalevala ein Gott und Heros, Wainämöinen, zugleich der grösste Zauberer ist. Das Zaubersingen der Finnen beschränkt sich nicht blos auf das Bannen schädlicher Einflüsse, sondern erstreckt sich sogar auf das Herbeiführen freundlicher, hilfreicher Mächte.

Dass auch den Chinesen die Zauberei nicht fremd ist, geht wenigstens aus einem Zaubermittel vegetabilischer Natur, dem Ginseng hervor, der in mancher Beziehung an die Mandragora erinnert. Diese Wurzel von *Panax quinquefolium* hat ebenfalls eine Ähnlichkeit mit einer menschlichen Gestalt und wird daher Ginseng, d. i. lebender Mensch, genannt und als Universalmittel, das Leben zu verlängern, betrachtet[2]).

Auch Ägypten und Arabien bewahren noch manche Reste alter Zauberei und Wunderglaubens, die im Zusammenhange mit ihren Religionsgebräuchen stehen. Durch ganz Ägypten wird man über den Hausthoren Krokodilbälge und lebende Aloepflanzen aufgehängt finden; letztere ist *Aloe soccotrina* Lam., dieselbe Art, welche die Bekenner des Islams auch auf den Gräbern pflegen. E. W. Lane[3]) setzt die Ursache dieses Gebrauches in den Glauben, dass diese in der That ohne Nahrung lang lebende Pflanze den Bewohnern des Hauses langes Leben und letzterem selbst Dauerhaftigkeit verleihe. Er setzt ferner hinzu dass die Weiber den Glauben hegen, dass, wo

---

[1]) Abhandlung über den Atharva Veda. In den Tübinger Universitätsschriften vom Jahre 1856. Tübingen bei L. Fr. Fues. p. 17.

[2]) De Candolle im Dictionnaire raisonné et universel d'agriculture.

[3]) An account of the manners and customs of the modern Egyptians. Vol. I. p. 351.

die Aloe über dem Thore sei, der Prophet in das Haus einkehre. Dass die Zauberei im Innern von Afrika unter den rohen Völkern noch ihre schönsten Blüthen entfaltet, ersehen wir aus den Zeugnissen, die uns neuere Reisende mittheilen. So erzählt z. B. Dr. Barth im zweiten Bande seiner Reise in Afrika, Seite 204, er habe am Hause des Amtmanns der Stadt Taganama ein gewaltiges in ein Fell sorgsam eingewickeltes Paket auf hoher Stange aufgehängt gesehen und sich gedacht, es enthalte den Körper eines Verbrechers, der hier vor Jedermanns Augen ausgehängt sei, um als Beispiel strenger Bestrafung zu dienen. Zu seinem grössten Erstaunen hörte er nun, dass es ein höchst mächtiger Talisman sei, welcher hier aufgehängt war, um die Stadt gegen die Fellata, wie die Fulbe von Kanori genannt werden, zu schützen, da deren Einfälle in hohem Grade gefürchtet seien.

Überdies wurde Dr. Barth im Innern von Afrika oft um Zauberformeln angegangen, sowohl gegen Krankheiten als zu andern Zwecken. In Yola kamen eine Menge Leute, um Leias (Zauberformeln) und Arznei zu bitten. Am Tschadsee trugen die Bewohner kleine Ledertäschchen auf der Brust mit beschriebenen Zauberformeln.

In gleichem Sinne äussert sich auch Andersson[1]) über mehrere Völker von Süd-Afrika. „Wie alle in Barbarei versunkenen Völker glauben die Namaquas (ein Volk der Südwestküste zwischen 23 und 27° s. B.) an Hexerei und Zauberei; sie wird von Männern (Kaiaob) und Weibern (Kaiaobs) ausgeübt, die sich dadurch ein grosses Ansehen zu verschaffen wissen. Diese Zauberer und Zauberinnen können, wie man glaubt, Regen bewirken, Kranke gesund machen, die Ursache des Todes der Menschen auffinden und andere merkwürdige Dinge ausführen. Sie sind schlau und listig und verstehen es, die Unkenntniss ihrer Landsleute auszubeuten. Selbst gebildete Leute sind durch ihre Künste getäuscht worden", — und l. c. pag. 207:

„Unter den Betjuanen (am Ngama-See) hat die Zauberei gleichfalls sehr zahlreiche Anhänger, welche auf die Worte und Vorschriften der Zauberer das höchste Vertrauen setzen. Namentlich gilt dies von der Classe der Hexenmeister, die sich mit dem Regenmachen abgeben". Jeder Stamm hat einen, zuweilen mehrere Regen-

[1]) Reisen in S. W. Afrika II. p. 65.

macher, die zu den listigsten und verschlagensten Leuten gehören. Andersson beschreibt die ganze höchst seltsame Procedur beim Regenmachen und fährt fort pag. 211: „Bald darauf liess der Regenmacher sich grosse mit Wasser gefüllte Schalen geben und that einen Aufguss von einem Zwiebelgewächse hinzu.“ Auch Levingstone erzählt ähnliches von den Bewohnern Süd-Afrika's.

Wie auf dem Boden der alten Welt wurzelt auch auf jenem der neuen Welt der Glaube an Wunder und die Zauberei sicherlich eben so autochthon als dort. Die Indianer haben nach v. Martius[1]) keine Priester, sondern nur Zauberer (Pajés), welche zugleich ärztliche Hilfe und Exorcismen anwenden, um Einfluss auf den Aberglauben und die Gespensterfurcht der rohen Menge auszuüben. Der Pajé weiht Amulete (Holz, Knochen, Steine, Federn u. s. w., um Unglück von der Hütte fern zu halten. Solche Gegenstände werden im blinden Aberglauben in denselben aufgestellt und verehrt. Auch hier treten uns wieder weibliche Zauberinnen entgegen. Ihre Wirksamkeit ist jedoch ganz untergeordnet und stets im Interesse des Pajé. Von Martius fährt fort: „Jener dunkle Begriff vom Zusammenhang des Irdischen mit einer dieses beherrschenden Kraft — ein Begriff, der auch den rohesten Menschen nicht ganz fremd ist — wird hier das Band, womit der schlaue Pajé die träge Blindheit seiner Stammgenossen gängelt“. Häufiger werden Weiber als Männer der Hexerei beinzichtigt, und dieses ist der Fall, wenn manche Cur dem Pajé misslingt. Der schuldig Befundene wird dann erschlagen oder erschossen. Ähnliches findet auch bei den Caraiben statt.

Bei den Grönländern werden die der Hexerei bezichtigten alten Weiber gesteiniget, erstochen und zerschnitten oder in das Meer gestürzt (I. Cranz, pag. 217).

Alle die Zaubermittel, deren sich diese und andere rohe Völker bedienen, anzuführen, würde uns zu weit von unserem Thema entfernen. Wir bemerken nur so viel, dass dabei immer auch Pflanzen und Substanzen und Theile derselben eine Anwendung finden. So werden z. B. von den Macassaren, um Glück im Kriege zu erlangen, die Samen von *Mimosa scandens* in einen kupfernen Ring gefasst um den Leib getragen, und tausend ähnlicher nichts sagenden Zierathen

[1]) Von dem Rechtszustande unter den Ureinwohnern Brasiliens. München 1832.

und Amulette bedienen sich die Menschen aller Farben und, leider muss ich hinzusetzen, auch aller Culturstufen.

Überall ist die diesen Zaubermitteln zugeschriebene Kraft von der Art, das sie von der Wirkungsweise anderer bekannter Kräfte abweicht und dadurch aussergewöhnliche Effecte hervorbringt.

An diesem Glauben und an der Überzeugung durch Handhabung dieser Kräfte eine Herrschaft über die Natur und ihre innere Gesetzmässigkeit zu erlangen, hängt wie an einem Faden die ganze Magie sowohl nach ihrer unschuldigen als nach ihrer verderblichen Richtung. Was eine Aufgabe der Wissenschaft ist, die nur durch ein Jahrtausende langes Studium annäherungsweise zu lösen ist, erscheint im Wunderglauben als eine verfrühte aber eben darum unfruchtbare Blüthe. Der schöne dem Menschen eingeborne Drang wird zum Gifthauch, der sein ganzes Wesen zerstört und in der grössten Ausartung, wie es in der Hexerei und der Geisterbeschwörung der Fall ist, mit dem Zweifel an seine erhabene Bestimmung zum Abfall von der höchsten Idee führt.

Hiebei tritt uns aber noch eine Erscheinung entgegen, die wir nicht unbeachtet lassen können, nämlich die Erscheinung, dass in der eigentlichen Zauberei das weibliche Geschlecht dem männlichen meist vorangeht. — Von Hekate, Medea, Circe, Wöle, Veleda, Debora Johanna d'Arc, der Hexe von Endor bis zu den Hexen des Mittelalters spielen Weiber von jeglichem, vorzüglich aber von vorgerücktem Alter die Hauptrolle in der Zauberei und greifen gleich den Parzen und Walkyren unmittelbar in das Rad des Schicksals ein.

Gehören auch nicht alle als Zauberinnen verschrieenen und verurtheilten Weiber und Mädchen dem betrüglichen Geschäfte der Zauberei an, so hängen doch ihre ekstatischen, magnetischen, odischen oder wie man diese Zustände immer nennen will, mit der Endbestrebung derselben auf das innigste zusammen. Wer wird es verkennen, dass die lebhaftere Phantasie, ein so schönes Geschenk der weiblichen Natur, am meisten zu solcher Verirrung beitrug, namentlich wo mangelhafte physische Entwickelung und gehemmte Ausbildung der Verstandeskräfte mit der zügellosen Herrschaft der ersteren, Hand in Hand ging.

Nimmt man nun noch die Sucht nach Sonderbarem und Geheimnissvollem, wodurch dem natürlichen Triebe nach Herrschsucht einigermassen Ersatz versprochen wird, so hat man ohne Zweifel die

wichtigsten Signaturen, die dem Zaubergürtel des Weibes in der Geschichte so viele Geltung aber leider auch so viele traurige Berühmtheit verschafften.

Wir möchten jedoch die Macht des Weibes keineswegs auf diese wahnwitzige Basis gebaut sehen, die jedermann verlachen und jede geordnete Staatsverwaltung verpönen muss, in der Überzeugung dass uns nur ein reifes, tief gehendes, unausgesetztes und mit vereinten Kräften wirksames Studium der Natur und des Geistes zu jener süssen und erträumten Herrschaft über jene führen wird.

Nicht das weibliche Geschlecht ist dazu berufen, uns den Apfel der Erkenntniss und mit ihm alle höheren Genüsse des Lebens zu überbringen. Er darf nicht zu früh gepflückt werden, sondern er muss reif von selbst uns in den Schoss fallen, er, der zuvor durch Schweisstropfen der Jahrtausende ernährt worden ist.

Zu diesem Behufe ist dem Menschen, vorzüglich aber dem Manne, die ernste Kunst der Wissenschaften als die edelste Gabe des Geistes Gottes verliehen worden. Ihre Cabala kennen zu lernen ist die grösste, schönste und hervorragendste Aufgabe seines Daseins.

Die neuere Justizgesetzgebung der civilisirten Staaten hat, wie sich ein Schriftsteller eben so sinnreich als human ausdrückte, den wohlthätigen Einfluss herbeigeführt, „dass von nun an auch das Weib mit Beruhigung alt werden kann". Der Zaubergürtel, der es so oft an den brennenden Holzstoss geschleppt, ist nun, wir wollen es hoffen, für immer zerrissen; möge es jedoch den andern, der ihm durch Liebreiz, Herzensgüte und Bildung für alle Zeiten eine Herrschaft zusichert, als sein höchstes Palladium bewahren.

Literatur.

Fridericus Mers, De plantis quas ad rem magicam veteres crediderunt. Lipsiae 1705. 4.

Mir unbekannt geblieben.

Joh. Henr. Heucherus, Vindob. et Joh. Fabricius Hung. Q. B. V. ex hist. naturali de vegetabilibus magicis. Wittebergae 1700. 4. Disputatio.

Enthält nur eine allgemeine Einleitung ohne specielle Auseinandersetzungen.

Joannis Wierl, De praestigiis daemonum, et incantationibus ac veneficiis Libri VI. Basilae 1577. 4.

Hieronimi Cardani, De subtilitate Libri XXI. Basilae 1582. Fol.

Keyssler, Antiquitates septentrionales et celticae. Hanoverae 1720.
Nachricht und Abbildung der Alraunwurzel.

L. Arnold, Dissertatio de Verbena. Jenae 1721. 4.
Mir unbekannt geblieben.

Horst, Daemonologie oder Geschichte des Glaubens und der Zauberei etc. Frankfurt 1818.

Dr. Wilh. Gottl. Soldan, Geschichte der Hexenprozesse, aus den Quellen dargestellt. Stuttgart und Tübingen 1843. 8.
Ausgezeichnet.

Colquhoun, Historische Enthüllungen über die geheimen Wissenschaften aller Zeiten und aller Völker. Deutsch von Hartmann. Weimar 1853.
Weitschweifig.

Jak. Grimm, Deutsche Mythologie. 2. Bd. Göttingen 1844.
Reichhaltig.

Selig Cassel, Prophetinnen und Zauberinnen mit Beziehung auf das deutsche Alterthum. Weimarisches Jahrbuch für deutsche Sprache, Literatur und Kunst. Bd. II, p. 357.

A. v. Perger, Über den Alraun. Verhandlungen des zoolog.-botan. Vereins in Wien. Bd. VI, p. 721.

Montanus, Die deutschen Volksfeste, Volksbräuche und deutscher Volksglaube in Sagen, Mährlein und Volksliedern. Bd. II. Volksbräuche und Volksglaube. Mythologische Naturgeschichte. 1858.

Ed. Meyer, Studien zu Göthe's Faust. 1847.

Vorgelegte Druckschriften.

Nr. 26.

Academy, american, of arts and scienzes, Boston and Cambridge. Proceedings, vol. III, IV, livr. 1. 1857; 8°.

— of Science of St. Louis, The Transactions, 1858; 8°.

Akademie der Wissenschaften zu Kopenhagen, Oversigt, over det Kgl. danske Videnskabernes Selskab Forhandlingar i Aaret 1857. — Det K. D. Videnskabernes Selskabs Skrifter. V Raekke. Historiskog Philosophisk Afdeling, II Binds, 2 Hefte. Quaestiones quae in anno 1858 proponuntur a Societate R. Danica.

Annals of the astronomical observatory of Harward College, Vol. II. part 1. Cambridge, 1857; 4°.

Astronomische Nachrichten, Nr. 1168.

Breslau, Akademische Gelegenheitsschriften.

Bronn, G. H., Die Entwicklung der organischen Schöpfung.

Göttingen, akademische Gelegenheitsschriften.

Hall, Jonathan, Register of the Thermometer for 36 years.

Holmes, Fr., Remains of domestic animals discoverded among Post-Pleiocene Fossils in South Carolina. Charlestown, 1858; 8°.

Report of explorations and surveys, to ascertain the most practicable and economical route for a railroad from the Mississippi river to the pacific Ocean. Vol. II — VIII. Washington, 1858; 4°.

Societät der Wissenschaften zu Helsingfors. Acta Societatis scient. fenn. Band V, 2. 4°. — Notiser, Band III. 4°. — Bidrag, Band II — IV. 8°. — Paläontologie Südrusslands von Dr. Alexander von Nordmann. Zwei Hefte mit 12 Tafeln.

Société, R. des Antiquaires du Nord à Copenhague. Atlas de l'Archéologie du Nord. Fol. — Annales for nordisk Oldkyndighed, 1857; 8°. — Sur la Construction des salles dites des géants par S. M. le Roi Frédérié VII de Danemark. 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, Nr. 1168.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XXXIII. BAND.

SITZUNG VOM 2. DECEMBER 1858.

Nº 27.

SITZUNG VOM 2. DECEMBER 1858.

Der Secretär gibt der Classe Nachricht von dem höchst schmerzlichen Verluste, welchen die Akademie durch das in der Nacht vom 28. November erfolgte Ableben des wirklichen Mitgliedes Regierungsrathes Chmel erlitten hat.

Der Secretär legt die zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage der „Anleitung zu den magnetischen Beobachtungen" von Herrn Director Kreil vor. Das Heft wird dem XXXIII. Bande der Sitzungsberichte als Anhang beigegeben.

Auszug aus einem Schreiben des Herrn Ludwig Jeitteles an das wirkliche Mitglied Herrn Dr. Ami Boué.

Troppau, den 22. November 1858.

. . . Ich habe in der letzten Woche eine Reihe von Briefen aus Sillein, Visnyove, Strecsno und Klastov (Znyo Varallya) erhalten über die Wiederholung des Erdbebens in Sillein am 24. October d. J., aus denen ich das Wichtigste hier folgen lasse.

Herr John Cary, Gutsbesitzer in Visnyove bei Sillein, hatte schon am 20. August um 10 Uhr Abends eine Wiederholung des Erdbebens in seinem ganz nahe am Gebirge gelegenen Hause verspürt. Am 13. October wurden zwei Erderschütterungen von vielen Personen in Sillein deutlich wahrgenommen; die erste fand um 11 Uhr vor, die zweite um 4 Uhr nach Mitternacht Statt. Am 24. October um 4¼ Uhr Nachmittags wurde eine bedeutende Erschüt-

terung in Sillein, Budalin, Bitschitsch, Visnyove und Banova allgemein wahrgenommen, welche die Bewohner dieser Orte sehr beunruhigte. Der Bewegung ging ein unterirdisches Getöse voraus. Dieses sowohl als die ihm später folgende Erderschütterung kam von SO. und ging nach NW.; die Bewegung war undulirend. Das unterirdische Getöse hörte zugleich mit den Oscillationen auf. Vor und nach der Erschütterung war es vollkommen windstill. Der Himmel war stark bewölkt; der Barometer zeigte zwei Stunden früher auf Regen.

In Visnyove fühlte es Herr John Cary gleichfalls sehr lebhaft. Er schreibt unterm 10. November: *The shock was tolerably severe, originating as usual from Minschov-Mountain direct . . .*

Auch in Strecsno, an der Grenze des Thuroczer Comitates, verspürte man die Erschütterung am 24. October. Herr Pfarrer Zaborski schrieb: *„Literas scribere incepi . . . observo infra pedes motum terrae et horologii (stantis) tinnitum . . . pallidus excurro foras ad domesticos, unus eorum affirmat, se etiam observasse et pedes ejusdem tremuisse; moxque vicini aliqui accurerunt dicentes se terrae motum observasse etc.“* Herr Pfarrer Zaborski setzt hinzu, dass eine ausserordentliche Kälte herrsche, Flüsse und selbst Brunnen ausgetrocknet seien.

In dem ganzen Thuroczer Comitate wurde jedoch laut eines Briefes des Herrn Bezirksarztes Dr. Haas in Klastor weder diese Erderschütterung, noch sonst eine seit Jänner 1858 bemerkt. Merkwürdig ist es, dass die Wiederholungen der Erschütterung sich immer nur auf den Westabhang des Gebirges von Sillein (Neutraer Gebirge nach v. Sydow) beschränken; das eigentliche Centrum möchte also doch wohl nicht im Minschof-Berg, sondern in den westlich von ihm abfallenden Sedimentar-Massen zu suchen sein.

Herr Cary, der die Witterung ebenfalls als ungewöhnlich bezeichnet, spricht zugleich die Furcht vor einer nochmaligen heftigen Erneuerung aus, und ich muss gestehen, dass ich selbst eine solche bedeutende und weit ausgedehnte Wiederholung für wahrscheinlich halte. Heftige und weitreichende Erschütterungen pflegen immer durch längere Zeit nachzuzittern. Dann trat ein solcher Fall schon einmal in diesem Theile Ungarns und des angrenzenden Mährens und Schlesiens ein. In der Chronik aller ungarischen und schlesischen Erdbeben, welche ich nächstens der k. Akademie über-

reichen werde, werden Sie, hochgeehrter Herr, die Beschreibung eines Erdbebens finden, welches am 22. August 1785 Statt hatte und dem vom 15. Jänner 1850 ganz ähnlich war. Am 27. Februar 1786 folgte eine heftigere und ausgedehntere Wiederholung und eine noch stärkere am 3. December 1786 .....

Vorträge.

Über die Bahn des Kometen VIII des Jahres 1858.

Von **Edmund Weiss**,
Assistenten der k. k. Sternwarte zu Wien.

(Vorgelegt durch das w. M. Herrn Director v. Littrow.)

Der am 5. September von Horace Tuttle in Cambridge (Mass.) entdeckte Komet wurde erst Anfangs October in Europa beobachtet, als er eben seine grösste Helligkeit erreichte. Er erschien als ein rundlicher, etwa 6′ im Durchmesser haltender Nebel, von körnigem Ansehen, mit Spuren eines Schweifes, aber ohne deutlich abgegrenzten Kern. In der letzten Zeit der Sichtbarkeit dieses Himmelskörpers nahm ich eine Bahnbestimmung desselben vor, und legte dabei folgende Beobachtungen zu Grunde:

Datum in mittlerer Zeit der Beobachtungsörter	Beobachtungsort	Rectascension	Declination
1858, 5. September 16h 5 24·7	Cambridge (Mass.)	4h 41 0·24	+ 44° 46 57·4
1858, 7. October 9 52 1·5	Wien	22 34 8·86	+ 23 29 37·3
1858, 14. October 8 15 12·3	Wien	21 28 25·61	+ 5 36 4·7
1858, 2. November 6 29 44·0	Wien	20 23 51·75	— 15 37 45·3

Ich suchte aus diesen Positionen jene parabolischen Elemente, welche, die beiden äussersten Orte vollkommen darstellend, auch den beiden mittlern so genau als möglich entsprechen; es sind dies folgende:

Zeit des Perihels: 1858, October 12·81024 mittlere Greenw. Zeit.

Länge des Knotens	159	45	2·6	mittl. Äqu. 1858·0
Länge des Perihels	4	13	17·9	
Neigung	21	16	36·7	
log. q	0·1544245			

Heliocentrische Bewegung: retrograd.

Die aus den Gleichungen, sowie aus der directen Vergleichung resultirenden Fehler sind:

Datum.	Beob. Rechn. $d\lambda$	$d\beta$
1858, October 7.	+0·2″	+3·4″
1858 „ 14.	−7·9″	+0·7″

Nach diesen Elementen berechnete ich die hier folgende Ephemeride, bei der ich, wegen der starken geocentrischen Bewegung des Kometen den Ort desselben bis 13. October für jeden einzelnen, von dort aber für jeden zweiten Tag direct aus den Elementen ableitete.

Für 0^h mittlere Greenwicher Zeit.

1858	Scheinbare Rectascension	Scheinbare Declination	Log. der Entfernung von der Erde
September 5. . .	70° 55′ 39·2″	+ 44° 33′ 3·4″	0·0768995
„ 6. . .	70 8 10·5	44 49 11·9	0·0650487
„ 7. . .	69 16 37·8	45 5 48·3	0·0528829
„ 8. . .	68 20 37·3	45 22 51·0	0·0403939
„ 9. . .	67 19 42·3	45 40 17·5	0·0275743
„ 10. . .	66 13 22·8	45 58 4·1	0·0144178
„ 11. . .	65 1 6·0	46 16 6·1	0·0009191
„ 12. . .	63 42 14·9	46 34 16·7	9·9870746
„ 13. . .	62 16 9·0	46 52 27·3	9·9728826
„ 14. . .	60 42 3·2	47 10 26·3	9·9583448
„ 15. . .	58 59 8·6	47 27 59·0	9·9434662
„ 16. . .	57 6 32·3	47 44 46·2	9·9282572

1858	Scheinbare Rectascension	Scheinbare Declination	Log. der Entfernung von der Erde
September 17. . .	55° 3′ 17·3″	48° 0′ 23·6″	9·9127332
„ 18. . .	52 48 24·2	48 14 20·4	9·8969187
„ 19. . .	50 20 53·2	48 25 58·8	9·8808465
„ 20. . .	47 39 45·7	48 34 31·3	9·8645628
„ 21. . .	44 44 9·1	48 39 0·6	9·8481279
„ 22. . .	41 33 21·7	48 38 17·8	9·8316201
„ 23. . .	38 6 59·2	48 31 2·4	9·8151391
„ 24. . .	34 25 2·5	48 15 42·0	9·7988098
„ 25. . .	30 28 7·1	47 50 35·1	9·7827854
„ 26. . .	26 17 29·3	47 13 54·7	9·7672499
„ 27. . .	21 55 11·4	46 23 54·3	9·7524199
„ 28. . .	17 24 1·2	45 18 57·8	9·7385418
„ 29. . .	12 47 25·7	43 57 49·0	9·7258885
„ 30. . .	8 9 17·2	42 19 43·8	9·7147486
October 1. . .	3 33 35·9	40 24 40·7	9·7054123
„ 2. . .	359 4 10·1	38 13 26·1	9·6981514
„ 3. . .	354 44 18·9	35 47 37·5	9·6931963
„ 4. . .	350 36 40·2	33 9 37·6	9·6907161
„ 5. . .	346 43 6·1	30 22 23·6	9·6907978
„ 6. . .	343 4 43·0	27 19 13·1	9·6934372
„ 7. . .	339 41 57·6	24 33 26·2	9·6985407
„ 8. . .	336 34 44·7	21 38 10·9	9.7059351
„ 9. . .	333 42 35·0	18 46 11·4	9·7153841
„ 10. . .	331 4 43·4	15 59 40·7	9·7266145
„ 11. . .	328 40 15·3	13 20 17·7	9·7393349
„ 12. . .	326 28 11·0	10 49 9·4	9·7532569
„ 13. . .	324 27 30·2	8 26 53·9	9·7681099
„ 14. . .	322 37 13·4	— 6 13 46·2	

1858	Scheinbare Rectascension	Scheinbare Declination	Log. der Entfernung von der Erde
October 15. . .	320° 56′ 24·7″	+ 4° 9′ 44·1″	9·7996569
„ 16. . .	319 24 11·7	2 14 31·3	
„ 17. . .	317 59 45·8	+ 0 27 44·0	9·8323915
„ 18. . .	316 42 23·0	— 1 11 7·8	
„ 19. . .	315 31 24·0	2 42 35·9	9·8652117
„ 20. . .	314 26 12·5	4 7 13·5	
„ 21. . .	313 26 16·0	5 25 32·8	9·8974107
„ 22. . .	312 31 5·9	6 38 5·4	
„ 23. . .	311 40 16·2	7 45 20·5	9·9285683
„ 24. . .	310 53 23·9	8 47 45·6	
„ 25. . .	310 10 8·2	9 45 45·9	9·9584580
„ 26. . .	309 30 10·8	10 39 44·5	
„ 27. . .	308 53 14·7	11 30 2·6	9·9869778
„ 28. . .	308 19 5·0	12 16 59·2	
„ 29. . .	307 47 28·6	13 0 51·8	0·0141028
„ 30. . .	307 18 13·4	13 41 55·8	
„ 31. . .	306 51 8·1	14 20 25·6	0·0398537
November 1. . .	306 26 3·2	14 56 34·0	
„ 2. . .	306 2 49·7	15 30 32·5	0·0642773
„ 3. . .	305 41 19·7	16 2 31·5	
„ 4. . .	305 21 25·6	16 32 40·7	0·0874348
„ 5. . .	305 3 0·5	17 1 8·6	
„ 6. . .	304 45 58·8	17 28 2·8	0·1093921
„ 7. . .	304 30 14·3	17 53 30·7	
„ 8. . .	304 15 42·3	18 17 38·6	0·1302175
„ 9. . .	304 2 17·9	18 40 32·3	
„ 10. . .	303 49 57·1	19 2 17·2	0·1499776
„ 11. . .	303 38 35·6	19 22 58·1	
„ 12. . .	303 28 9·6	— 19 42 39·6	0·1687371

Berechnet man die Helligkeit nach der Formel

$$H = \frac{C}{r^2 \Delta^2},$$

so erhält man, wenn man von derjenigen am Entdeckungstage als Einheit ausgeht, für dieselbe folgende Werthe:

Datum.	Helligkeit.
1858, September 5.	1·00
„ 13.	1·69
„ 21.	3·13
„ 29.	5·65
October 7.	6·51
„ 15.	4·10
„ 23.	2·24
„ 31.	1·31
November 8.	0·84

Die Übereinstimmung obiger Ephemeride mit den Beobachtungen ist während der ganzen Dauer der Sichtbarkeit eine ziemlich gute, wie folgende vorläufige Vergleichung mit einigen der bisher publicirten Beobachtungen beweist. Es ist nämlich:

Nr.	Datum	Beobachtungsort	Beob. — Rechn.	
			$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$
1.	1858, September 9.	Cambridge (Mass.)	+ 1·7″	+ 12·5″
2.	October 3.	Altona	— 13·2	+ 1·8
3.	„ 6.	Berlin	— 9·9	+ 9·2
4.	„ 12.	Göttingen	— 8·8	+ 1·7
5.	„ 27.	Kopenhagen	+ 6·8	— 7·9
6.	„ 27.	„	— 21·7	+ 12·9
7.	„ 30.	„	— 10·7	+ 6·5
8.	„ 30.	„	— 2·4	— 16·7
9.	November 9.	Wien	— 28·8	— 16·7
10.	„ 10.	„	— 5·5	— 39·6

Die geringere Übereinstimmung der beiden letzten Orte beruht entweder auf einer Unsicherheit derselben, wegen der Schwäche des Objectes in dieser Periode, oder auf einer kleinen Ungenauigkeit der Position vom 2. November, welche wegen eintretender Trübung des Himmels aus nur 3 Vergleichungen des Kometen mit einem benachbarten Sterne auf einer Seite vom Centrum des Kreismikrometers abgeleitet wurde. Sie wurde jedoch wegen der bedeutenden Vergrösserung des Intervalles zur Bestimmung der Elemente verwendet.

Mit der oben mitgetheilten Ephemeride werde ich die Beobachtungen, so wie dieselben nach und nach veröffentlicht werden vergleichen, und dann aus allen vorhandenen den wahrscheinlichsten Kegelschnitt, in welchem dieser Komet die Sonne umkreist, zu ermitteln suchen.

Über den Gelenkbau bei den Arthrozoen.

Von dem c. M. Prof. Dr. Karl Langer.

(Auszug aus einer grösseren für die Denkschriften bestimmten Abhandlung.)

Diese Abhandlung ist der vierte Beitrag zur vergleichenden Anatomie und Mechanik der Gelenke und zerfällt in zwei Abschnitte. Der erste Abschnitt behandelt die anatomischen Verhältnisse der einzelnen Gelenke bei den decapoden Crustaceen und mehreren Gattungen grösserer Käfer, mit Berücksichtigung einzelner Genera der anderen Ordnungen der Insecten; der zweite Abschnitt untersucht die Combinationen der Gelenke ganzer Leibestheile, mit Bezug auf die resultirende Beweglichkeit derselben.

Die anatomische Untersuchung hat ergeben, dass die bei der Locomotion betheiligten Gelenke durchaus nur einaxige Gelenke sind; die sogenannten freien Gelenke, *à tête perforée* nach Strauss-Durkheim verdienen nur selten diesen Namen, indem auch sie meist Charniere werden; rein erhalten sie sich nur an den Antennen, seltener an der Verbindung des Kopfes mit dem Prothorax. Sie sind nur trichterförmige Einstülpungen zweier durch weiches Integument, sogenannte Gelenkhäute, verbundener Segmente harten Integumentes.

Strenge Charniere mit genau vorgezeichneter Excursionsrichtung kommen erst dann an den in einander geschobenen Gliedern zu Stande, wenn die beiden harten Glieder axial fixirt sind.

Diese Fixirung wird dadurch bewerkstelligt, dass die beiden Glieder meist nur an den Axenenden sich berühren, und durch straffe Gelenkhaut verbunden werden, während die Gelenkhaut, um der Excursion Raum zu geben, beuge- und streckwärts lang und schlaff ist. Die Haltbarkeit der Verbindung hängt in diesem Falle nur ab von der Resistenz der Gelenkhaut an diesen Stellen. Durch Faltungen des harten Integumentes in der Axenrichtung

sowohl nach aussen, als auch in's Innere der Röhren, werden die axialen Berührungspunkte beider Glieder vermehrt, die Haltbarkeit der Verbindung vergrössert, ohne die Excursion zu beeinträchtigen.

In anderen Fällen geschieht die Fixirung der Glieder durch axiale in Pfannen des anderen Gliedes eingelagerte hohle Zapfen, oder durch Falze, wo dann ringförmige Leisten oder kuglige Zapfen, und kreisförmige Rinnen oder Gruben wechselseitig in einander eingreifen. Bei dieser Charnier-Form kömmt es zu Flächencontact und damit zu Gelenkflächen.

Walzen-Charniere mit Pfannen finden sich nur an den Coxae der meisten Käfer und einiger Hymenopteren (am zweiten Beine der Bienen-Gattungen); doch sind auch diese Coxae axial durch Zapfen oder Falze in den Pfannen des Thorax fixirt.

Auf das Schema der Zapfen- und Falz-Charniere mit axialer Faltung und Buchtung des harten Integumentes lassen sich alle anderen Formen von Charniergelenken der Arthrozoen zurückführen.

Besonderes Interesse gewährt das Coxo-Femoral-Gelenk an den Vorderbeinen vieler Käfer, da hier die Einfügung des Gelenkstückes vom Schenkel, des Trochanters, in die Coxa so geschieht, dass die Axen der Hüfte und des Schenkels sich durchkreuzen, nicht blos überkreuzen.

An diesem Gelenke, so wie auch an mehreren Hüft- und Kniegelenken hat sich die Schraube wiedergefunden. Sie tritt in der Form von Kegelschrauben auf, ist öfter an den Axenenden symmetrisch, so dass ein und dasselbe Gelenksstück einerseits links, andererseits rechts gewundene Elemente besitzt, wesshalb sie dann mehr als Arretirungs-, denn als Gangapparat fungiren kann. Im Knie hat sich die Schraube erst bei stärkeren Vergrösserungen nachweisen lassen, und dürfte desshalb mehr eine morphologische als mechanische Bedeutung haben.

Der Trochantinus (Audouin) bedingt am zweiten Coxa-Gelenke von Hydrophilus einen eigenthümlichen beweglichen Klappenapparat zum Verschlusse der Thorax-Pfanne.

Zwischen dem ersten und zweiten Beine, derselben Seite, tritt Symmetrie auf.

Dieselbe Bedeutung, welche für die Form der Knochen die Gelenkenden haben, haben bei den Arthrozoen die Gelenköffnungen der Glieder mit ihren bald symmetrischen, bald

metrischen Contouren, Vorsprüngen und Einschnitten. Ihre Modificationen konnten hier bei den einfachen Bewegungsverhältnissen der einzelnen Gelenke leicht bestimmt und gedeutet werden. Ebenso sind auch die zur Berührung der zusammengebogenen Glieder bestimmten Abflachungen der Wände (die Axelflächen) ganz mit den Bewegungsverhältnissen und der Gliederungsweise der Beine in Causalnexus zu bringen, so dass die Formen der einzelnen Skeletstücke ganz leicht gedeutet, und aus der cylindrischen Grundgestalt abgeleitet werden können.

Die Untersuchung der Gelenke und ihrer Combinationen bei den Arthrozoen war auch desshalb von besonderem Interesse, weil an einer grösseren Reihe formverwandter Thiere bei verschiedenen Leistungen ihrer Beine und der einfachsten Gelenkform die volle Bedeutung der Combination der Gelenke leicht ersichtlich wird.

Indem ich zunächst von der Vorstellung ausging, dass der mechanische Effect der Beweglichkeit eines Beines zunächst von der Situirung seines Endgliedes abhänge, versuchte ich, um einen bestimmten Ausdruck für die Beweglichkeit eines Beines zu gewinnen, das Terrain abzugrenzen, in welchem das Endglied desselben, sei es in der Ebene oder im Raume, in jeder Linie oder continuirlichen Linear-Complexion zu verkehren vermag. Ich suchte ferner die Bedingungen festzustellen, von denen Form und Grösse dieses Terrains abhängig sind.

Es ergab sich, dass nebst der Zahl Glieder (Gelenke) bei gegebener Länge des Beines, dann der Excursions-Richtung und Grösse der einzelnen Gelenke zunächst die Situirung der Charnier-Axen massgebend ist. So lange diese unter einander parallel stehen, kann das Endglied natürlich nur in der Ebene verkehren; Verkehr im Raume gewinnt das Endglied erst, wenn sich die Axen in mehreren Raumrichtungen überkreuzen. Vollkommen frei aber wird die Bewegung eines Beines erst dann zu nennen sein, wenn das Endglied den ganzen Raum eines Kugelsegments beherrscht, dessen Radius die ganze Länge eines Beines ist; wenn also der Verkehrsraum den Raum dieses Kugelsegmentes vollkommen ausfüllt, wie dies z. B. mit der menschlichen Hand wirklich der Fall ist. Diese freie Beweglichkeit ist zunächst durch ein an der Wurzel des Beines situirtes

Kugelgelenk, oder eine Durchkreuzung zweier Charnieraxen unter rechtem Winkel möglich, wie dies wieder bei den höheren Käferformen am ersten und zweiten Beine der Fall ist.

Unter dieser Grundbedingung könnte bereits das Ende des zweiten Gliedes schon vollkommen frei beweglich sein, wenn seine Länge gleich wäre der des ersten Gliedes und sein Charnier um 180° excurrirte; Bedingungen, die aber wegen der räumlichen Ausdehnung der Skelet- und Muskelmassen nicht ausführbar sind, und desshalb auch eine dritte Gliederung nöthig machen.

Die Gelenks-Combination eines Krebsbeines gestattet dem Scherengliede zwar in allen Raumrichtungen zu verkehren, doch erfüllt ihr Verkehrsraum nicht vollkommen das Kugelsegment, welches die Gesammtlänge des Beines als Radius beschreiben würde.

In dem einfachsten Falle von Gelenks-Combination, wie sie am Abdomen der langschwänzigen Krebse zu finden, wo alle Axen unter sich parallel situirt sind, alle Gelenke gleiche Excursionsrichtung haben und die Glieder ziemlich gleich lang sind, wird die Verkehrsfläche der Endflosse einerseits von einer Abwicklungslinie, andererseits von einer Art cycloider Curve begrenzt.

Untersuchungen, in dieser Richtung fortgesetzt, würden die Lehre von der thierischen Bewegung wesentlich fördern; sie würden schliesslich eine Geometrie der thierischen Bewegung begründen lassen.

Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse krystallisirter Körper.

4. Über die Beziehungen zwischen Krystallform, Substanz und physikalischem Verhalten.

Von **J. Grailich** und **V. v. Lang.**

(Vorgetragen in der Sitzung am 7. October 1858.)

Eine jede Theorie, welche die Eigenthümlichkeiten der Krystalle unter einen Gesichtspunkt zu fassen sucht, muss auf die Grundthatsachen, welche diese Körper darbieten, Rücksicht nehmen. In diesem Sinne fehlt es aber bis jetzt an jedem befriedigenden Versuche. Denn was Poisson in der *Théorie des corps cristallisés* [1]) gegeben, ist einerseits zu allgemein, andererseits zu speciell, um der genannten Aufgabe zu entsprechen. Zu allgemein; denn es passt auch auf ellipsoidische oder, allgemein gesprochen, auf alle von geschlossenen Flächen des 2ten Grades begrenzten Körper; das, was aber den Krystall charakterisirt: die ebenflächige Begrenzung, die ebenflächige Spaltbarkeit, das Gesetz der rationalen Verhältnisse in der gegenseitigen Abhängigkeit der Flächen, ist darin weder ausgeschieden, noch nach der ganzen Anlage des Calcüls wohl ausscheidbar. Zu speciell; denn bei der Discussion der Summen, welche zur Vereinfachung der in allgemeinster Form angelegten Analyse dient, wird angenommen dass die grösste Mannigfaltigkeit in der Symmetrie dadurch bezeichnet sei, dass man annimmt, der Körper sei bezüglich dreier aufeinander rechtwinkligen Ebenen symmetrisch gebaut; dies ist aber offenbar blos die Symmetrie der holoëdrischen Abtheilung des rhombischen Systems und es fehlt somit die ganze grosse klinoëdrische Gruppe, so wie die Abtheilung der hemimorphen und enantiomorphen Formen aller Systeme. Die späteren Arbeiten, wie z. B. Haughton's schöne Untersuchungen über flüssige und feste Körper [2])

---

[1]) Mém. de l'Acad. XVIII.

[2]) Transact. Dublin. R. S. XXI

berühren das Wesen krystallisirter Körper ebenso wenig. Nur Professor Neumann hat einmal das Problem in seiner scharfsinnigen und auf vollster Sachkenntniss beruhenden Weise vorgenommen, freilich auch mit Beschränkungen, von denen er aber vollständig Rechenschaft gibt; leider hat er die Arbeit nicht weiter geführt.

Ausser den genannten einen Krystall charakterisirenden Verhältnissen ist noch eines anzuführen, dessen bis jetzt nicht Erwähnung geschehen ist, das aber gerade für die theoretische Bearbeitung Berücksichtigung verdient. Der Umstand nämlich, dass bei allen Krystallen das Gesetz der einfachen rationalen Verhältnisse der Ableitungszahlen der einzelnen Formen stattfindet, weist darauf hin, dass diese Verhältnisse von der Temperatur unabhängig sein müssen. Denn da die einfachen Zahlen nicht nach einer unendlichen Reihe in einander stetig übergehen, sondern von einer zur andern immer ein Sprung um die Einheit stattfindet, kann die Erwärmung, welche die Dimensionen der Körper nach unendlich kleinen Intervallen stetig abändert, keinen Einfluss auf jene Verhältnisszahlen nehmen.

Es lässt sich die Bedingung dieser Unabhängigkeit durch eine einfache Formel ausdrücken, welche somit das allgemeinste Gesetz der durch Temperaturveränderung möglichen Gestaltveränderung fester Körper ausspricht. Wir bezeichnen dieses Gesetz als das der Erhaltung der Zonen.

Verbindet man diesen Satz mit einem zweiten Erfahrungssatze dem gemäss durch die stetigen Dimensionänderungen welche Temperaturveränderungen hervorrufen, das Krystallsystem nicht afficirt wird, so gelangt man zu einer Reihe von Relationen, welche das Gesetz aussprechen, dem die möglichen Formänderungen eines Krystalles unterworfen sind, Formänderungen, welche sich ergeben, wenn auf den Krystall durchaus gleichartige Druck- oder Zugkräfte einwirken.

Man kann die in den erwähnten Relationen enthaltenen Bestimmungen auch unter einem anderen Gesichtspunkte auffassen. Während in Gasen die Bewegungen der Molecüle, welche durch die Erwärmung bedingt wird, keinem aus der Natur der Gase folgenden Gesetze unterworfen sind, indem sie, sobald man von den zufälligen Grenzen der Behälter in welchen sich das Gas eingeschlossen findet absieht, nach jeder Richtung hin stattfinden können; müssen in tropf-

baren Flüssigkeiten die der Richtung nach noch immer völlig unbestimmten Excursionen bereits so geschehen, dass das ursprüngliche, irgend einer als Ausgangspunkt gewählten Temperatur entsprechende Volum, für stetige Temperaturzunahmen, selbst stetig sich ändert. In festen Körpern kommt nun zu den stetigen Änderungen des Volums noch eine gesetzmässige, in der Natur der Substanzen begründete stetige Änderung der Form. Die Relation, welche die Erhaltung der Zonen ausspricht, ist der allgemeinste Ausdruck für die Formänderung, und jede Moleculartheorie, insofern sie die Verhältnisse fester Körper berücksichtigt, muss sich dieser Relation als einer Bestimmungsgleichung für die im allgemeinen unbestimmten Constanten bedienen.

Mit Hilfe des Satzes der Erhaltung der Zonen lässt sich die Frage leicht lösen, ob es in Krystallen der klinoëdrischen Systeme drei unter einander rechtwinklige thermische Axen gibt. Bekanntlich hat Neumann die Existenz rechtwinkliger thermischer Axen in der Symmetrieebene der monoklinoëdrischen Krystalle im allgemeinen behauptet und im speciellen am Gyps durch die Berechnung der Messungen Mitscherlich's angegeben. Wir haben die Rechnung in etwas veränderter Form durchgeführt und gezeigt, 1. dass sich die Möglichkeit rechtwinkeliger thermischer Axen in der Symmetrieebene monoklinoëdrischer Krystalle allgemein nicht behaupten lässt, und 2. dass sich im Gyps die Existenz derselben aus Mitscherlich's Messungen nicht darthun lässt, dass diese im Gegentheil auf die Nichtexistenz rechtwinkliger Axen hinweisen.

Es ist bisher der Theorie der Doppelbrechung, wie sie von Cauchy hergestellt wurde, vorgeworfen worden, dass sie von den optischen Verhältnissen klinoëdrischer Krystalle nicht Rechenschaft zu geben vermag. Der Grund dieser Unzulänglichkeit war leicht aufzufinden. Es ist bisher in allen Theorien immer als die mannigfaltigste symmetrische Anordnung von Molecülen diejenige betrachtet worden, welche wir oben bei der Erwähnung von Poissons Theorie angegeben haben. Indem Cauchy in der Theorie der Doppelbrechung eine ähnliche Anordnung vor Augen hatte, konnte er natürlich nur zu den optischen Verhältnissen der rhombischen Krystalle gelangen. Wir nahmen nun Rücksicht auf die mehr und mehr sich lösenden Symmetrieverhältnisse der klinoëdrischen Krystall-Systeme, und indem wir eine solche Anordnung der

Molecüle voraussetzten, wie sie der Symmetrie der Flächenvertheilung entspricht, gelangten wir zu Gleichungen, welche die Hauptschwingungsrichtungen als Functionen der Wellenlänge darstellen.

Es haben zwar auch Mac Cullagh und Ångström die Dispersion in klinoëdrischen Krystallen abzuleiten gesucht; aber die Theorie der ersteren ist unbefriedigend, wie näher dargethan werden wird, die Analyse des letztern ohne eigentliche Beziehung zur Dispersion, indem nur der Nachweis geliefert wird, dass die unter einander rechtwinkligen Hauptschwingungsrichtungen mit den schiefwinkligen Elasticitätsaxen Winkel einschliessen.

Indem wir die Action der Äther- und Körpertheilchen trennten, gelangten wir zu Dispersionsgliedern, die nur von der Action der während der vibratorischen Ätherbewegungen ruhenden Körpertheilchen abhängen. Es wird dadurch die Fresnel'sche Definition der Elasticitätsaxen conservirt, während gleichzeitig die Dispersion, sowohl der optischen Axen als auch der Hauptschwingungsrichtungen ihre Erklärung findet. Nich minder ergibt sich hieraus eine Erklärung der sonderbaren Erscheinung, welche manche Krystalle zeigen, in denen die Ebenen der optischen Axen für rothes und violetes Licht sich rechtwinklig durchkreuzen.

Es geht aber daraus zugleich hervor, dass die Messung der Brechungsexponenten nicht dazu hinreicht die relativen Werthe der Elasticität in verschiedenen Richtungen der Krystalle zu bestimmen. Man kann bei Krystallen von sehr beträchtlicher Dispersion und geringer Doppelbrechung aus den Beobachtungen nicht einmal die Orientirung der wahren Elasticitätsaxen erhalten, und sollte sich darum überhaupt statt des Ausdruckes Elasticitätsaxen, in so ferne man auf die Farbe Rücksicht nimmt, lieber des von Ångström gewählten Wortes „Polarisationsaxen" oder wie wir es nennen „Hauptschwingungsrichtungen" bedienen.

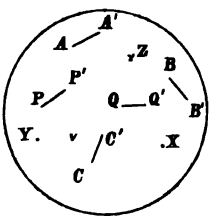
Aus dem Studium der isomorphen Körper scheint sich nicht minder, als aus der Vergleichung der verschiedenen physikalischen Eigenschaften eines und desselben Krystalles zu ergeben, dass die optische Orientirung, d. i. die Lage der Hauptschwingungsrichtungen nicht von der Anordnung, sondern von der Beschaffenheit der Molecüle abhängt; die Elasticitätsaxen des Äthers können daher als die Axen der Molecüle, die akustischen Elasticitätsaxen, so wie die thermischen Axen als die Axen des Krystallganzen, d. i. die wahren Kry-

stallaxen betrachtet werden. Die beiden Ordnungen von Elasticitätsaxen können aber nun dann gleich orientirt sein, wenn sie rechtwinklige Systeme bilden; bei schiefwinkligen Systemen kann eine Übereinstimmung der Richtungen nicht erwartet werden, da diese bei den ersten (Molecularaxen) von der Anordnung und Beschaffenheit der Atome, in den letzten (Krystallaxen) von der Anordnung und Beschaffenheit der Molecüle abhängt. Atome können ausdehnungslos gedacht werden; darum fällt die Schwierigkeit ellipsoidischer Massenelemente für die optische Untersuchung weg.

Zum Schlusse theilen wir die Ergebnisse unserer Beobachtungen über die magnetische Orientirung rhombischer Krystalle mit, welche zu der Ansicht leiten, dass die magnetische Axenwirkung der Krystalle von der Anordnung, der magnetische Charakter aber von der Beschaffenheit der ponderablen Molecüle abhängt.

Über die Formänderung der Krystalle durch die Veränderung der Temperatur.

1. Erhaltung der Zonen. Es seien A, B, C die Punkte, in welchen bei einer gegebenen Temperatur die Durchschnittslinien (Kanten) von drei durch einen beliebigen Punkt des Krystalls gelegten Krystallflächen eine Kugel treffen, welche mit dem Halbmesser 1 um diesen Punkt beschrieben worden; ferner A', B', C' die entsprechenden Punkte bei irgend einer andern Temperatur. Eben so seien bei der ursprünglichen Temperatur P, Q die Pole von zwei anderen Krystallflächen, d. i. die Orte, wo die aus dem Mittelpunkt der Kugel auf diese Flächen gerichteten Normalen die Fläche der Kugel schneiden, P', Q' die entsprechenden Punkte bei erhöhter Temperatur. Zwischen den 10 Orten $A, A, B, B' \ldots$ besteht eine allgemeine Relation, welche das Gesetz der unter dem Einflusse der Temperatur stattfindenden Formänderung der Krystalle ausspricht.



Es ist bekannt, dass, wenn irgend eine Krystallfläche M, welche die drei Kanten A, B, C in den Punkten A_0, B_0, C_0 schneidet, zur Bestimmung der Parameter längs der drei Kanten A, B, C benützt wird, so dass

$$OA_0 = a \quad OB_0 = b \quad OC_0 = c \tag{1}$$

ist, jede beliebige andere Fläche P des Krystalles die Gleichung

$$\frac{a}{h} \cos PA = \frac{b}{k} \cos PB = \frac{c}{l} \cos PC$$

in solcher Weise erfüllt, dass h, k, l einfache, rationale Zahlen werden. Man bezeichnet daher auch P durch das Symbol (hkl). In ähnlicher Weise muss der Relation für Q

$$\frac{a}{p} \cos QA = \frac{b}{q} \cos QB = \frac{c}{r} \cos QC$$

durch einfache rationale Zahlen p, q, r entsprochen werden können und (pqr) ist das Symbol für Q.

Das Gesetz der einfachen rationalen Indices ist eine Thatsache der Erfahrung. Wenn man nun erwägt, dass es durchaus allgemein nachgewiesen ist, für Krystalle jeder Art, also für Körper, die sich in den verschiedensten Entfernungen von ihren Erstarrungspunkten befinden, so ergibt sich von selbst der Schluss, dass es von der Temperatur unabhängig sein, dass es bei jeder Temperatur, bei welcher der Krystall sich als solcher behaupten kann, bestehen muss. Müssen aber die einzelnen Indices immerfort rationale Werthe behaupten, so muss auch das Verhältniss

$$h : k : l$$

für jede Fläche ein unveränderliches sein. Denn da die Volumänderungen, welche durch eine Zu- und Abnahme der Temperatur bedingt werden, nach unendlich kleinen Intervallen vor sich gehen, die Bögen AB, BC, CA und somit auch die Parameter a, b, c und die Bögen AP, BP, CP stetig sich ändern, so könnten die in den angeführten Gleichungen ausgesprochenen Relationen, falls h, k, l veränderlich wäre, nur bestehen, wenn die Werthe von h, k, l selbst eine stetige Änderung zuliessen. Eine solche widerspricht aber der Bedingung des Rationalbleibens; es muss somit auch das Verhältniss

$$h : k : l$$

von der Temperatur unabhängig sein.

Dies erlaubt es zwischen den oben geschriebenen für eine gegebene Temperatur geltenden und den irgend einer anderen Temperatur entsprechenden Ausdrücken

$$\begin{aligned} \frac{a'}{h}\cos P'A' &= \frac{b'}{k}\cos P'B' = \frac{c'}{l}\cos P'C' \\ \frac{a'}{p}\cos Q'A' &= \frac{b'}{q}\cos Q'B' = \frac{c'}{r}\cos Q'C' \end{aligned} \qquad (2)$$

die Indices h, k, l, p, q, r zu eliminiren, wodurch wir

$$\begin{aligned} \frac{a}{a'}\cdot\frac{\cos PA}{\cos P'A'} &= \frac{b}{b'}\cdot\frac{\cos PB}{\cos P'B'} = \frac{c}{c'}\cdot\frac{\cos PC}{\cos P'C'} \\ \frac{a}{a'}\cdot\frac{\cos QA}{\cos Q'A'} &= \frac{b}{b'}\cdot\frac{\cos QB}{\cos Q'B'} = \frac{c}{c'}\cdot\frac{\cos QC}{\cos Q'C'} \end{aligned} \qquad (3)$$

erhalten. In dieser Form drückt jede dieser Gleichungen in gleicher Weise das Verhältniss aus, das zwischen der Änderung der Axenlängen und der Kantenwinkel stattfinden muss: durch die Elimination der Quotienten $\frac{a}{a'}, \ldots$ findet man hieraus

$$\frac{\cos AP \cdot \cos A'Q'}{\cos A'P' \cdot \cos AQ} = \frac{\cos BP \cdot \cos B'Q'}{\cos B'P' \cdot \cos BQ} = \frac{\cos CP \cdot \cos C'Q'}{\cos C'P' \cdot \cos CQ} \qquad (4)$$

Da die Punkte A, B, C auch als die Pole der Normalen der drei Flächen betrachtet werden können, welche die Kanten OA, OB, OC rechtwinkelig schneiden, so stellt die Gleichung ganz allgemein die Form des Gesetzes dar, welchem die Änderung der gegenseitigen Lage von fünf Krystallflächen

$$A, B, C, P, Q$$

bei der Zu- oder Abnahme der Temperatur unterworfen ist.

Um sämmtliche Änderungen deutlich hervortreten zu lassen, ist es nothwendig die Pole $A, B, C \ldots A', B', C' \ldots$, auf ein unveränderliches Raumcoordinatensystem zu beziehen. Es seien X, Y, Z die Punkte, in welchen ein rechtwinkliges durch den Mittelpunkt der Kugel gelegtes Coordinatensystem die Oberfläche der Kugel trifft und

$$\begin{array}{lll} \cos AX = \lambda & \cos BX = \mu & \cos CX = \nu \\ \cos AY = \lambda' & \cos BY = \mu' & \cos CY = \nu' \\ \cos AZ = \lambda'' & \cos BZ = \mu'' & \cos CZ = \nu'' \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \cos PX = \alpha & \cos QX = \beta \\ \cos PY = \alpha' & \cos QY = \beta' \\ \cos PZ = \alpha'' & \cos QZ = \beta'' \end{array}$$

so ist

$$\begin{aligned} \cos AP &= \alpha\lambda + \alpha'\lambda' + \alpha''\lambda'' \\ \cos BP &= \alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu'' \\ \cos CP &= \alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos AQ &= \beta\lambda + \beta'\lambda' + \beta''\lambda'' \\ \cos BQ &= \beta\mu + \beta'\mu' + \beta''\mu'' \\ \cos CQ &= \beta\nu + \beta'\nu' + \beta''\nu'' \end{aligned}$$

Bezeichnet man nun eben so die der veränderten Temperatur entsprechenden Bögen durch

$$\cos A'X = \lambda_, \quad \cos B'X = \mu_, \quad \cos C'X = \nu_,$$
etc. etc. etc.
$$\cos P'X = \alpha_, \quad \cos Q'X = \beta_,$$
etc. etc.

so wird (3) in

$$(5) \qquad \begin{aligned} &\frac{a}{a'} \cdot \frac{\alpha\lambda + \alpha'\lambda' + \alpha''\lambda''}{\alpha_,\lambda_, + \alpha_,'\lambda_,' + \alpha_,''\lambda_,''} \\ = &\frac{b}{b'} \cdot \frac{\alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu''}{\alpha_,\mu_, + \alpha_,'\mu_,' + \alpha_,''\mu_,''} \\ = &\frac{c}{c'} \cdot \frac{\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu''}{\alpha_,\nu_, + \alpha_,'\nu_,' + \alpha_,''\nu_,''} \end{aligned}$$

und (4) in

$$(6) \qquad \begin{aligned} &\frac{\alpha\lambda + \alpha'\lambda' + \alpha''\lambda''}{\beta\lambda + \beta'\lambda' + \beta''\lambda'_,} \cdot \frac{\beta_,\lambda_, + \beta_,'\lambda_,' + \beta_,''\lambda_,''}{\alpha_,\lambda_, + \alpha_,'\lambda_,' + \alpha_,''\lambda_,''} \\ = &\frac{\alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu''}{\beta\mu + \beta'\mu' + \beta''\mu''} \cdot \frac{\beta_,\mu_, + \beta_,'\mu_,' + \beta_,''\mu_,''}{\alpha_,\mu_, + \alpha_,'\mu_,' + \alpha_,''\mu_,''} \\ = &\frac{\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu''}{\beta\nu + \beta'\nu' + \beta''\nu''} \cdot \frac{\beta_,\nu_, + \beta_,'\nu_,' + \beta_,''\nu_,''}{\alpha_,\nu_, + \alpha_,'\nu_,' + \alpha_,''\nu_,''} \end{aligned}$$

übergehen. Dabei bestehen die Gleichungen

$$(7) \qquad \begin{aligned} \lambda^2 + \lambda'^2 + \lambda''^2 &= 1 \quad & \lambda_,^2 + \lambda_,'^2 + \lambda_,''^2 &= 1 \\ \mu^2 + \mu'^2 + \mu''^2 &= 1 \quad & \mu_,^2 + \mu_,'^2 + \mu_,''^2 &= 1 \\ \nu^2 + \nu'^2 + \nu''^2 &= 1 \quad & \nu_,^2 + \nu_,'^2 + \nu_,''^2 &= 1 \\ \alpha^2 + \alpha'^2 + \alpha''^2 &= 1 \quad & \alpha_,^2 + \alpha_,'^2 + \alpha_,''^2 &= 1 \\ \beta^2 + \beta'^2 + \beta''^2 &= 1 \quad & \beta_,^2 + \beta_,'^2 + \beta_,''^2 &= 1 \end{aligned}$$

Es beruht auf der Unveränderlichkeit der Indices $h\ k\ l$ die Unabhängigkeit der Zonen von der Temperatur. Man hätte auch von

der Existenz der Zonen in der Ableitung der Relationen 5) und 6) ausgehen können; doch schien es einfacher, unmittelbar mit den Flächensymbolen zu beginnen. Da der Pol *(uvw)* der Zonenaxe der beiden Flächen *P* und *Q* durch

$$u = kr - lq \quad v = lp - hr \quad w = hq - kp$$

gegeben ist, so folgt, dass auch die Zone $[uvw]$ von der Temperatur unabhängig ist; d. h. ein System von Krystallflächen, das bei irgend einer Temperatur eine Säule bildet, bleibt unveränderlich bei jeder andern Temperatur zu einer Säule verbunden, die Kantenwinkel mögen sich ändern wie immer.

Wir bezeichnen nach diesem Satze das in 5) und 6) enthaltene Gesetz der Formänderung als das der Erhaltung der Zonen.

Der Ausdruck dieses Satzes für unendlich kleine Dimensionsänderungen ist

$$\frac{1}{h}\,[a\,(\alpha d\lambda + \alpha' d\lambda' + \alpha'' d\lambda'' + \lambda d\alpha + \lambda' d\alpha' + \lambda'' d\alpha'') + (\alpha\lambda + \alpha'\lambda' + \alpha''\lambda'')\,da] =$$

$$\frac{1}{k}\,[b\,(\alpha d\mu + \alpha' d\mu' + \alpha'' d\mu'' + \mu d\alpha + \mu' d\alpha' + \mu'' d\alpha'') + (\alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu'')\,db] =$$

$$\frac{1}{l}\,[c\,(\alpha d\nu + \alpha' d\nu' + \alpha'' d\nu'' + \nu d\alpha + \nu' d\alpha' + \nu'' d\alpha'') + (\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu'')\,dc]$$

wozu noch die Gleichungen 7) und die Relationen

$$\alpha d\alpha + \alpha' d\alpha' + \alpha'' d\alpha'' = o$$
$$\lambda d\lambda + \lambda' d\lambda' + \lambda'' d\lambda'' = o$$
$$\mu d\mu + \mu' d\mu' + \mu'' d\mu'' = o$$
$$\nu d\nu + \nu' d\nu' + \nu'' d\nu'' = o$$

treten.

2. Erhaltung des Systems. Die Beobachtung zeigt, dass die Symmetrie der Anordnung der kleinsten Körpertheilchen durch die Temperatur nicht geändert wird. Es ist zwar keine Untersuchung anzuführen, welche dies unmittelbar darthut, aber indirect wird der

Beweis durch die optischen Phänomene geliefert, deren Symmetrie sich durchwegs als eine Function der Symmetrie des Krystallbaues kundgibt. Durch die Erwärmung erfährt die Richtung der Hauptschwingungen, sobald sie mit Symmetrieaxen des Körpers zusammenfallen, durchaus keine Änderung, nur die relative Grösse derselben wird durch eine Veränderung der Temperatur afficirt. Da aber das Krystallsystem durch die Existenz bestimmter Symmetrieaxen charakterisirt ist, so muss es im allgemeinen als von der Temperatur unabhängig angesehen werden. Wenn man blos die Axenverhältnisse berücksichtigt, so scheint es zwar auf den ersten Blick nicht unmöglich, dass bei einer gewissen Temperatur ein rhombischer Krystall ein tetragonales Axensystem erhalten mag; aber sowohl die Kleinheit der durch Erwärmung bedingten Änderung in den Axenlängen, als auch der jedem System eigenthümliche Combinationshabitus weisen eine solche Annahme sogleich als unmöglich zurück, wenn man auch nicht im Stande ist, dieselbe aus einem der Molecularaction entnommenen Grunde zu widerlegen. So wird auch nie ein triklinoëdrischer Krystall in einen monoklinoëdrischen, ein monoklinoëdrischer in einen rhombischen durch die durch stetige Erwärmung bedingte Änderung der Dimensionen übergehen. Fälle, wo eine vollständige und dann jederzeit sprungweise Paramorphose eintritt, kommen hier, wegen der dabei stattfindenden Unterbrechung der Stetigkeit, nicht in Betracht; denn wenn auch in der Thatsache der Isomerie (im weitesten Sinne) der Beweis vorliegt, dass derselbe Stoff mehrerer stabiler Gleichgewichtszustände fähig ist, so hat doch der durch die Wärme vermittelte Übergang von dem einen in den andern nichts gemein mit den Änderungen, welche innerhalb einer einzelnen dieser Gleichgewichtslagerungen möglich sind, die hier allein der Betrachtung unterzogen werden. Man kann somit als zweiten Satz den der Erhaltung des Krystallsystems aussprechen, d. i. die durch die Wirkung der stetig veränderten Temperatur bedingten stetigen Dimensionsänderungen krystallisirter Körper finden immer so statt, dass dabei das Krystallsystem unverändert bleibt.

Die Krystalle des tetragonalen Systems unterscheiden sich von denen des tesseralen nicht blos dadurch, dass die beiden Queraxen a, a gleiche, aber von der Hauptaxe c verschiedene Werthe haben, sondern der Quotient

$$\frac{a}{c}$$

ist auch immer eine irrationale Grösse; ebenso verhält es sich mit dem Quotienten

$$\frac{a}{c}\ \frac{c}{b}\ \frac{b}{a}$$

des rhombischen Systems, und den entsprchenden Quotienten der in den klinoëdrischen Systemen geltenden Werthe. Es geht hieraus hervor, dass durch die Erwärmung niemals ein irrationales Parameterverhältniss in ein rationales verwandelt werden kann. Es scheint dass in der Möglichkeit des stetigen Übergangs irrationaler Grössen in einander der Grund liegt, warum isomorphe Körper der nicht tesseralen Krystalle niemals strenge genommen isomorph, sondern eigentlich nur homöomorph sind, insofern ihre Axenverhältnisse nur einem gewissen mittleren Axenverhältniss nahekommen. Der gleiche Combinationshabitus kann dann als Kriterium dienen, wie weit die Grenzwerthe der verschiedenen Parameterverhältnisse aus einander rücken können, innerhalb welcher noch Isomorphie möglich ist.

Eine weitere Folgerung ist die Unmöglichkeit rechtwinkliger thermischer Axen in den Krystallen der klinoëdrischen Systeme. Denn fassen wir nur den einfachsten Fall, den des monoklinoëdrischen Systemes, ins Auge, so ist klar, dass wegen Abgang rechtwinkeliger Symmetrieaxen in der Symmetrieebene die Theilchen in dieser bei ihren durch die Erwärmung bedingten Verschiebungen durchaus an keine unter rechtem Winkel conjugirte Richtungen gebunden sein können. Neumann hat zwar aus Mitscherlichs Messungen am Gyps die Existenz thermischer Axen in diesem System berechnet; wir haben aber bei Wiederholung der Rechnung ein anderes Resultat gefunden, wie im nächsten Paragraph gezeigt werden wird.

Fassen wir nun die beiden Sätze von der Erhaltung der Zonen und der Erhaltung des Krystallsystems zusammen, so erhalten wir für die in dem vorigen Paragraph mitgetheilten Formeln bedeutend einfachere, je nach der Zunahme der in den einzelnen Krystallsystemen herrschenden und bindenden Symmetrie.

Nehmen wir zunächst an, es werde eine der Krystallkanten während der Erwärmung in ihrer Richtung festgehalten und lassen wir diese Richtung mit der Coordinaten-Axe der X zusammenfallen. Es ist dann, wenn A diese Kante bezeichnet

$$AX = 0 \quad AY = 90^0 \quad AZ = 90^0$$

folglich $\lambda = \lambda_{,} = 1 \quad \lambda' = \lambda_{,}' = 0 \quad \lambda'' = \lambda_{,}'' = 0$

und es wird 5) 6) und 8)

$$\frac{a}{a_{,}} \cdot \frac{\alpha}{\alpha_{,}} = \frac{b}{b_{,}} \cdot \frac{\alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu''}{\alpha_{,}\mu_{,} + \alpha_{,}'\mu_{,}' + \alpha_{,}''\mu_{,}''} = \frac{c}{c_{,}} \cdot \frac{\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu''}{\alpha_{,}\nu_{,} + \alpha_{,}'\nu_{,}' + \alpha_{,}''\nu_{,}''}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha_{,}} \cdot \frac{\beta_{,}}{\beta} = \frac{\alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu''}{\beta\mu + \beta'\mu' + \beta''\mu''} \cdot \frac{\beta_{,}\mu_{,} + \beta_{,}'\mu_{,}' + \beta_{,}''\mu_{,}''}{\alpha_{,}\mu_{,} + \alpha_{,}'\mu_{,}' + \alpha_{,}''\mu_{,}''}$$

$$= \frac{\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu''}{\beta\nu + \beta'\nu' + \beta''\nu''} \cdot \frac{\beta_{,}\nu_{,} + \beta_{,}'\nu_{,}' + \beta_{,}''\nu_{,}''}{\alpha_{,}\nu_{,} + \alpha_{,}'\nu_{,}' + \alpha_{,}''\nu_{,}''}$$

$$\frac{1}{h}\,[ad\alpha + \alpha da]$$

$$= \frac{1}{k}\,[b\,(\alpha + \mu)\,d\,(\alpha + \mu) + (\alpha' + \mu')\,d\,(\alpha' + \mu')$$

$$+ (\alpha'' + \mu'')\,d\,(\alpha'' + \mu'') + (\alpha\mu + \alpha'\mu' + \alpha''\mu'')\,db]$$

$$= \frac{1}{l}\,[c\,(\alpha + \nu)\,d\,(\alpha + \nu) + (\alpha' + \nu')\,d\,(\alpha' + \nu')$$

$$+ (\alpha'' + \nu'')\,d\,(\alpha'' + \nu'') + (\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu'')\,dc]$$

der Ausdruck für die Erhaltung der Zonen im triklinoëdrischen System.

Lassen wir A mit X, B mit Y zusammenfallen, wird also noch

$$\mu = \mu_{,} = 0 \quad \mu' = \mu_{,}' = 1 \quad \mu'' = \mu_{,}'' = 0,$$

so finden wir die Bedingungsgleichungen

$$\frac{\alpha}{\alpha'} \cdot \frac{\beta_{,}}{\beta} = \frac{\alpha'}{\alpha_{,}'} \cdot \frac{\beta_{,}'}{\beta'} = \frac{\nu\alpha + \nu'\alpha' + \nu''\alpha''}{\nu\beta + \nu'\beta' + \nu''\beta''} \cdot \frac{\nu_{,}\beta_{,} + \nu_{,}'\beta_{,}' + \nu_{,}''\beta_{,}''}{\nu_{,}\alpha_{,} + \nu_{,}'\alpha_{,}' + \nu_{,}''\alpha_{,}''}$$

$$\frac{a}{a_{,}} \cdot \frac{\alpha}{\alpha_{,}} = \frac{b}{b_{,}} \cdot \frac{\alpha'}{\alpha_{,}'} = \frac{c}{c_{,}} \cdot \frac{\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu''}{\alpha_{,}\nu_{,} + \alpha_{,}'\nu_{,}' + \alpha_{,}''\nu_{,}''}$$

$$\frac{1}{h}\,[ad\alpha + \alpha da] = \frac{1}{k}\,[bd\alpha' + \alpha' db] = \frac{1}{l}\,[c\,(\alpha + \nu)\,d\,(\alpha + \nu)$$

$$+ (\alpha' + \nu')\,d\,(\alpha' + \nu') + (\alpha'' + \nu'')\,d\,(\alpha'' + \nu'')$$

$$+ (\alpha\nu + \alpha'\nu' + \alpha''\nu'')\,dc]$$

für die Formänderungen der diklinoëdrischen Krystalle.

Tritt hiezu noch die Bedingung dass C auf B rechtwinklig bleibt, und heisst φ der Winkel, den C mit A einschliesst, so wird

$$\nu = \cos\varphi \quad \nu' = 0 \quad \nu'' = \sin\varphi$$

$$\nu' = \cos\varphi' \quad \nu_{,}' = 0 \quad \nu_{,}'' = \sin\varphi'$$

und es sind die entsprechenden Gleichungen für das monoklinoëdrische System

$$\frac{a}{a_1}\cdot\frac{\alpha}{\alpha_1}=\frac{b}{b_1}\cdot\frac{\alpha'}{\alpha_1'}=\frac{c}{c_1}\cdot\frac{\alpha\cos\varphi+\alpha''\sin\varphi}{\alpha_1\cos\varphi_1+\alpha_1''\sin\varphi_1}$$

$$\frac{\alpha}{\beta}\cdot\frac{\beta_1}{\alpha_1}=\frac{\alpha'}{\beta'}\cdot\frac{\beta_1'}{\alpha_1'}=\frac{\alpha\cos\varphi+\alpha''\sin\varphi}{\beta\cos\varphi+\beta''\sin\varphi}\cdot\frac{\beta'\cos\varphi'+\beta_1''\sin\varphi_1}{\alpha'\cos\varphi'+\alpha_1''\sin\varphi'}$$

$$\frac{1}{h}[ad\alpha+\alpha da]=\frac{1}{k}[bd\alpha'+\alpha' db]=\frac{1}{l}\Big\{c[\sin\varphi(d\alpha''+\alpha d\varphi)+\cos\varphi(d\alpha+\alpha'' d\varphi)]+(\alpha\cos\varphi+\alpha''\sin\varphi)\,dc\Big\}$$

Im rhombischen System kann A, B, C mit X, Y, Z coincidiren, folglich

$$\nu=\nu_1=0\quad\nu'=\nu_1'=0\quad\nu''=\nu_1''=1$$

gesetzt werden; dadurch erhält man

$$\frac{a}{a_1}\cdot\frac{\alpha}{\alpha_1}=\frac{b}{b_1}\cdot\frac{\alpha'}{\alpha_1'}=\frac{c}{c_1}\cdot\frac{\alpha''}{\alpha_1''}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha_1}\cdot\frac{\beta_1}{\beta}=\frac{\alpha'}{\alpha_1'}\cdot\frac{\beta_1'}{\beta'}=\frac{\alpha''}{\alpha_1''}\cdot\frac{\beta_1''}{\beta''}$$

$$\frac{1}{h}[ad\alpha+\alpha da]=\frac{1}{k}[bd\alpha'+\alpha' db]=\frac{1}{l}[cd\alpha''+\alpha'' dc]$$

Wird $a=b$, $a_1=b_1$ gesetzt, so erhält man für das tetragonale System

$$\frac{\alpha}{\alpha_1}=\frac{\alpha'}{\alpha_1'}=\frac{c}{c_1}\cdot\frac{a_1}{a}\cdot\frac{\alpha''}{\alpha_1''}$$

$$\frac{1}{k}(ad\alpha+\alpha da)=\frac{1}{k}(ad\alpha'+\alpha' da)=\frac{1}{l}(cd\alpha''+\alpha'' dc),$$

durch eine einfache Transformation erhält man, wenn θ, θ_1 die Winkel sind, welche die Normale von Q mit c einschliesst

$$\frac{\alpha}{\alpha_1}=\frac{\alpha'}{\alpha_1'}=\frac{\alpha''}{\alpha_1''}\cdot\frac{tg\,\theta}{tg\,\theta_1}$$

Im tesseralen System endlich wird, wegen $a=b=c$, $a_1=b_1=c_1$

$$\frac{\alpha}{\alpha_,} = \frac{\alpha'}{\alpha_,'} = \frac{\alpha''}{\alpha_,''}$$

$$\frac{1}{h}(ad\alpha + \alpha da) = \frac{1}{k}(ad\alpha' + \alpha' da) = \frac{1}{l}(ad\alpha'' + \alpha'' da)$$

und dies gibt unmittelbar

$$\alpha = \alpha_, \quad \alpha' = \alpha_,' \quad \alpha'' = \alpha_,'',$$

d. i. die Kantenwinkel bleiben unverändert; die tesseralen Krystalle bleiben sich bei jeder Temperatur ähnlich.

Für das rhomboëdrische System hat man wegen der Gleichheit der drei unter gleichen aber schiefen Winkeln geneigten Parameter

$$\begin{array}{ll} a = b = c & a_, = b_, = c_, \\ \lambda'' = \mu'' = \nu'' = \delta & \lambda_,'' = \mu_,'' = \nu_,'' = \delta_, \\ \lambda\mu + \lambda'\mu' = \mu\nu + \mu'\nu' = \nu\lambda + \nu'\lambda' & \\ \lambda_,\mu_, + \lambda_,'\mu_,' = \mu_,\nu_, + \mu_,'\nu_,' = \nu_,\lambda_, + \nu_,'\lambda_,' & \\ \frac{\alpha\lambda + \alpha'\lambda'}{\alpha_,\lambda_, + \alpha_,'\lambda_,'} = \frac{\alpha\mu + \alpha'\mu'}{\alpha_,\mu_, + \alpha_,'\mu_,'} = \frac{\alpha\nu + \alpha'\nu'}{\alpha_,\nu_, + \alpha_,'\nu_,'} = \frac{\alpha''\delta}{\alpha_,''\delta_,} & \end{array}$$

3. In der Symmetrieebene des Gypses fehlen rechtwinklige thermische Axen. Thermische Axen sind solche Richtungen in Krystallen der nicht tesseralen Systeme, welche bei jeder Temperatur unter einander gleiche Winkel einschliessen und unverändert dieselbe Beziehung zu den krystallographischen Elementen behalten. Es sind jene krystallographischen Richtungen, in welchen nur lineare Dimensionsänderungen stattfinden, während nach allen anderen die Längen und die Winkel veränderlich sind. Professor Neumann liefert durch ein einfaches und klares Raisonnement den Beweis, dass man von rechtwinkeligen Krystallaxen in der Symmetrieebene des monoklinoëdrischen Systems nur insofern sprechen kann, als es in derselben rechtwinklige thermische Axen gibt. Da er aus Mitscherlichs Messungen am Gyps die Existenz solcher für ableitbar hält, so nimmt er auch der Ansicht von Weiss entsprechend an, dass die als monoklinoëdrisch bezeichneten Krystalle nur eigenthümlich hemiëdrisch ausgebildete Formen des rhombischen Systems seien. Wir wollen nun zeigen, dass Mitscherlichs Messungen vielmehr die Nichtexistenz rechtwinkliger thermischer Axen im Gyps darthun und dass daher die thermischen Verhältnisse so gut als die rein krystallographischen und die optischen dafür sprechen, dass

man in der Symmetrieebene keine rechtwinkligen Elasticitätsaxen hat.

Die Bedingungen der Existenz rechtwinkliger thermischer Axen lassen sich in ihrer allgemeinsten Form folgendermaassen darstellen. Es seien P, Q, R die Punkte, in welchen die Normalen von drei Flächen, die durch die Gleichungen

$$\frac{a}{h_p}\cos PA = \frac{b}{k_p}\cos PB = \frac{c}{l_p}\cos PC$$
$$\frac{a}{h_q}\cos QA = \frac{b}{k_q}\cos QB = \frac{c}{l_q}\cos QC$$
$$\frac{a}{h_r}\cos RA = \frac{b}{k_r}\cos RB = \frac{c}{l_r}\cos RC$$

gegeben sind, die Sphäre der Projection treffen. Die Lage der Punkte P, Q, R sei gegeben durch

$$\begin{array}{lll} \cos PX = \alpha & \cos QX = \beta & \cos RX = \gamma \\ \cos PY = \alpha' & \cos QY = \beta' & \cos RY = \gamma' \\ \cos PZ = \alpha'' & \cos QZ = \beta'' & \cos RZ = \gamma'' \end{array}$$

Die Grössen α, α', α'' . . . α_1, α_1' α_1'' . . . (indem wieder die einer höheren Temperatur entsprechenden Bögen wie oben bezeichnet werden) müssen nun den Bedingungen 5) und folgenden weiteren

$$\begin{array}{l} \alpha\beta + \alpha'\beta' + \alpha''\beta'' = \alpha_1\beta_1 + \alpha_1'\beta_1' + \alpha_1''\beta_1'' = 0 \\ \beta\gamma + \beta'\gamma' + \beta''\gamma'' = \beta_1\gamma_1 + \beta_1'\gamma_1' + \beta_1''\gamma_1'' = 0 \\ \gamma\alpha + \gamma'\alpha' + \gamma''\alpha'' = \gamma_1\alpha_1 + \gamma_1'\alpha_1' + \gamma_1''\alpha_1'' = 0 \end{array} \qquad (10)$$

entsprechen. Den Bedingungen 5) wird entsprochen, indem man an die Stelle von α . . . erst β . . . und dann γ . . . setzt.

Diese Formeln sollen auf das monoklinoëdrische System angewendet werden. Es sei Y die Symmetrieaxe; mit Y coincidire B und B_1, mit X dagegen A und A_1, so dass der Krystall in der Ebene AB festgehalten gedacht wird. Die Symmetrieaxe ist wegen der Unveränderlichkeit des Krystallsystems nothwendig eine thermische Axe bezüglich der Symmetrieebene. Lassen wir somit Q mit Y zusammenfallen, so müssen die beiden andern rechtwinkligen Axen, falls sie existiren, in der Symmetrieebene gesucht werden, und es ist

$$\begin{array}{ccc} & \alpha' = 0 & \\ \beta = 0 & \beta' = 0 & \beta'' = 0 \\ & \gamma' = 0 & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} & \alpha_{,}' = 0 & \\ \beta_{,} = 0 & \beta_{,}' = 1 & \beta_{,}'' = 0 \\ & \gamma_{,}' = 0 & \end{array}$$

Die Gleichungen zur Bestimmung der Lage von P und R werden demnach

$$(11) \quad \frac{a}{a_{,}} \cdot \frac{\alpha}{\alpha_{,}} = \frac{c}{c_{,}} \cdot \frac{\nu\alpha + \nu''\alpha''}{\nu_{,}\alpha_{,} + \nu_{,}''\alpha_{,}'} \; ; \; \frac{a}{a_{,}} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_{,}} = \frac{c}{c_{,}} \cdot \frac{\nu\gamma + \nu''\gamma'}{\nu_{,}\gamma_{,} + \nu_{,}''\gamma_{,}''}$$
$$\alpha\gamma + \alpha''\gamma'' = 0 \qquad\qquad \alpha_{,}\gamma_{,} + \alpha_{,}''\gamma_{,}'' = 0$$

Nennen wir nun

$$\begin{array}{lll} \alpha = \cos\theta & \gamma = \cos\psi & \nu = \cos\varphi \\ \alpha_{,} = \cos\theta_{,} & \gamma_{,} = \cos\psi_{,} & \nu_{,} = \cos\varphi_{,} \end{array}$$

so wird

$$\begin{array}{lll} \alpha'' = \sin\theta & \gamma'' = \sin\psi & \nu'' = \sin\varphi \\ \alpha_{,}'' = \sin\theta_{,} & \gamma_{,}'' = \sin\psi_{,} & \nu_{,}'' = \sin\varphi_{,} \end{array}$$

Die Doppelzeichen der Sinus können vernachlässigt werden, sobald man den Sinn, in welchem die Bögen gezählt werden, im Auge behält. Durch Substitution in 11) erhält man

$$(12) \quad \mathfrak{A}\,\frac{\cos\theta}{\cos(\varphi - \theta)} = \mathfrak{A}_{,}\,\frac{\cos\theta_{,}}{\cos(\varphi_{,} - \theta_{,})} \qquad \mathfrak{A}\,\frac{\cos\psi}{\cos(\varphi - \psi)} = \mathfrak{A}_{,}\,\frac{\cos\psi_{,}}{\cos(\varphi_{,} - \psi_{,})}$$
$$1 + tg\,\theta\,tg\,\psi = 0 \qquad\qquad 1 + tg\,\theta_{,}\,tg\,\psi_{,} = 0$$

wo der Kürze halber

$$\mathfrak{A} = \frac{a}{c} \qquad \mathfrak{A}_{,} = \frac{a_{,}}{c_{,}}$$

gesetzt wurde. Die erste der Gleichungen 12) ist der Ausdruck eines durch die Beobachtung gewonnenen Naturgesetzes; die zweite enthält eine Frage an die Natur, deren Beantwortung möglich oder unmöglich sein kann, was nur durch die Vergleichung von Beobachtungen mit dem Resultate der Rechnung entschieden werden kann.

Wir nennen nun

$$\frac{\mathfrak{A}\cos\theta}{\cos(\varphi - \theta)} = \frac{1}{m} \qquad \frac{\mathfrak{A}\cos\psi}{\cos(\varphi - \psi)} = \frac{1}{\mu}$$

Die Werthe von m und μ werden aus den am Eingange dieses Artikels angeführten Gleichungen erhalten. Man hat nämlich:

$$\frac{a}{h_p}\alpha = \frac{c}{l_p}(\nu\alpha + \nu''\alpha'') \qquad \frac{a}{h_r}\gamma = \frac{c}{l_r}(\nu\gamma + \nu''\gamma'')$$
$$\frac{a_1}{h_p}\alpha_1 = \frac{c_1}{l_p}(\nu_1\alpha_1 + \nu_1''\alpha_1'') \qquad \frac{a_1}{h_r}\gamma_1 = \frac{c_1}{l_r}(\nu_1\gamma_1 + \nu_1''\gamma_1'')$$

folglich auch

$$\frac{\mathfrak{A}\cos\theta}{\cos(\varphi-\theta)} = \frac{\mathfrak{A}_1\cos\theta_1}{\cos(\varphi_1-\theta_1)} = \frac{h_p}{l_p}$$
$$\frac{\mathfrak{A}\cos\psi}{\cos(\varphi-\psi)} = \frac{\mathfrak{A}_1\cos\psi_1}{\cos(\varphi_1-\psi_1)} = \frac{h_r}{l_r}$$

Dies gibt

$$m = \frac{l_p}{h_p} \qquad \mu = \frac{l_r}{h_r}$$

Durch die Einführung dieser Grössen in der ersten Reihe von 12) wird

$$tg\,\theta = m\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi} - cotg\,\varphi \;,\quad tg\,\psi = \mu\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi} - cotg\,\varphi$$
$$tg\,\theta_1 = m\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi_1} - cotg\,\varphi_1 \;,\quad tg\,\psi_1 = \mu\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi_1} - cotg\,\varphi_1$$

was in die zweite Gleichung substituirt zu den Relationen

$$1 + \left(m\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi} - cotg\,\varphi\right)\cdot\left(\mu\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi} - cotg\,\varphi\right) = 0$$
$$1 + \left(m\frac{\mathfrak{A}_1}{\sin\varphi_1} - cotg\,\varphi_1\right)\cdot\left(\mu\frac{\mathfrak{A}_1}{\sin\varphi_1} - cotg\,\varphi_1\right) = 0 \qquad (13)$$

führt, welche den von Neumann gegebenen entsprechen, mit dem Unterschiede dass bei uns die Richtung OA, bei Neumann die Richtung OC festgehalten gedacht wird.

In den Formeln 13) bezeichnet φ die Neigung zweier Kanten, die von der Fläche (101) in den Abständen a und c geschnitten werden; es sind somit a und c die Parameter in der Symmetrieebene, m und μ sind die Bestimmungsstücke jener (wirklichen oder möglichen) Krystallkanten, welche für jede Temperatur dieselbe Beziehung zu den Parametern besitzen und dabei rechte Winkel unter einander einschliessen.

Löst man 13) auf, so findet man

$$m\mu = \frac{\mathfrak{A}_1 \cos\varphi_1 - \mathfrak{A}\cos\varphi}{\mathfrak{A}\mathfrak{A}_1(\mathfrak{A}_1\cos\varphi - \mathfrak{A}\cos\varphi_1)}$$

$$m + \mu = \frac{\mathfrak{A}_1^2 - \mathfrak{A}^2}{\mathfrak{A}\mathfrak{A}_1(\mathfrak{A}_1\cos\varphi - \mathfrak{A}\cos\varphi_1)}$$

und hieraus

$$(14)\quad (m-\mu)^2 = \frac{\mathfrak{A}_1^4 - 4\mathfrak{A}\mathfrak{A}_1\cos\varphi\cos\varphi_1(\mathfrak{A}_1^2+\mathfrak{A}^2) - 2\mathfrak{A}_1^2\mathfrak{A}^2[1-2(\cos\varphi^2+\cos\varphi_1^2)] + \mathfrak{A}^4}{\mathfrak{A}^2\mathfrak{A}_1^2(\mathfrak{A}_1\cos\varphi - \mathfrak{A}\cos\varphi_1)^2}$$

Es ist nun klar, dass, so lange nicht weitere theoretische oder empirische Relationen gefunden werden, die über die Gesetze der angulären und linearen Änderungen durch die Erwärmung etwas feststellen, es unmöglich ist, die Existenz rechtwinkliger thermischer Axen in der Symmetrieebene im Allgemeinen nachzuweisen. Denn die Gleichung 14) steht auf Grundlage alles dessen was die Beobachtung bis jetzt ergeben hat. Es lässt sich aber aus der Form derselben nicht angeben, ob sie unter allen Umständen einen reellen Werth behält; ist der Zähler des Bruches positiv so existiren in der Symmetrieebene die gesuchten rechtwinkeligen Axen; ist er negativ so fehlen sie.

Wir führen nun die Beobachtungen Mitscherlich's am Gyps ein, um die Frage zu entscheiden. Neumann hat aus Veranlassung der Messungen Mitscherlich's bei erhöhter Temperatur[1]) die genaue Bestimmung der krystallographischen Elemente des Gypses bei den gewöhnlichen mittleren Wärmegraden ausgeführt[2]). Wenn man die Angaben der beiden Physiker zu Grunde legt, so erhält man

	für gewöhnliche Temperatur	für 100° C.
(001) (101) =	28° 16′	28° 15′ 18″
(101) (100) =	52° 16′	52° 8′ 34″
(100) (110) =	34° 19′	34° 13′ 35″
(111) (100) =	54° 25′	54° 18′ 37″
(111) (010) =	71° 51′	71° 55′ 12″5
(111) (001) =	33° 11′	33° 7′ 27″
(111) (101) =	18° 9′	18° 4′ 47″5

[1]) Pogg. X, 151. XLI, 213.
[2]) Pogg. XXVII, 240. §. 3.

und hieraus [1]) berechnen sich nach der bekannten Relation (Miller's Krystallographie, deutsche Übersetzung S. 131)

$$b\ cotg\ (111.010) = a\ sin\ (101.100) = c\ sin\ (101.100)$$

die Parameter in beiden Fällen

$$\varphi = 80°32' \qquad \varphi_1 = 80°23'52''$$

$$a : b : c : = 0{\cdot}6922 : 1 : 0{\cdot}4145, \quad a_1 : b_1 : c_1\ 0{\cdot}6896 : 1 : 0{\cdot}4135$$

und es ist

$$lg\ \mathfrak{A} = 0{\cdot}222714 \qquad lg\ \mathfrak{A}_1 = 0{\cdot}222150$$

Substituirt man diese Werthe in 14), so wird

$$m - \mu = \frac{\pm\ 0{\cdot}133\sqrt{-1}}{\mathfrak{A}\mathfrak{A}_1(\mathfrak{A}_1 cos\ \varphi - \mathfrak{A}\ cos\ \varphi_1)}$$

---

[1]) Herr Pfaff bemerkt in Pogg. CIV, 171 (1858) über Mitscherlich's Methode: „dass sie bei dem hohen Grade von Vollkommenheit, den die Winkelmessinstrumente erreicht haben, wohl sehr sichere Resultate gibt, dass jedoch eine Fehlerquelle eben in der ungleichen Ausdehnung der Krystalle selbst liegen könne. Es sei nämlich offenbar, dass durch die ungleiche Ausdehnung der Krystalle die Flächen nicht absolut eben bleiben können, sondern etwas gekrümmt werden müssen, wodurch weiter nicht zu berechnende Fehler entstehen können, da dies für die Spiegelung nicht ohne Einfluss sein könne." — Wenn diese Bemerkung richtig wäre, so wäre es nicht einzusehen, warum man die Krystalle überhaupt ebenflächig beobachtet. Denn da die verschiedenen krystallisirten Körper bei sehr verschiedenen Temperaturen entstanden, so müssten sie bei der gewöhnlichen Temperatur in mannigfachen Stufen von Verkrümmungen vorkommen. Gekrümmte Flächen werden allerdings häufiger als vollkommen ebene beobachtet: dass aber die langsame Abkühlung der Krystalle daran nicht Schuld sein kann, beweist die Beobachtung an Präparaten der Laboratorien, welche alle, sobald sie eine gewisse Grösse überschreiten oder durch rasche Krystallisation entstanden sind, genau dieselbe Beschaffenheit der Flächen aufweisen. Dass viele Verkrümmungen durch Temperaturänderungen bewirkt werden konnten, ist begreiflich, aber dann mussten die Krystalle entweder fremdartige Substanzen einschliessen, die andern Contractionsgesetzen folgen, oder sie mussten bei ihrer Bildung schon eine Unregelmässigkeit in der Aggregation besitzen, welche durch die Änderungen der Spannungen noch deutlicher hervortritt. In dem bekannten Experimente Fresnel's, wo zwei Gypsplättchen quer über einander geklebt sind und bei der Erwärmung sich krümmen, ist solch ein Fall künstlich dargestellt. Es ist nicht denkbar, warum Kalkspath bei 15° R. ebenflächig und bei 80° R. krummflächig sein soll; man muss vielmehr in dem Umstande, dass alle Krystalle, sobald sie nur klein und homogen gebaut sind, ebenflächig erscheinen, den Schluss ziehen, dass die ebene Begrenzung von der Temperatur unabhängig ist. Diese Vorstellung entspricht auch vollkommen den theoretischen Ansichten, die man über die Elasticitätsverhältnisse der Krystalle sich bilden kann.

Es gibt daher in der Symmetrieebene des Gypses keine rechtwinkligen thermischen Axen.

Wir untersuchten nun, ob es nicht wenigstens Linien von constanter Winkeldifferenz gibt, die etwa zu den Theilungsrichtungen in der Symmetrieebene eine constante Beziehung haben.

Die Richtung der einen secundären Spaltbarkeit ist die der Orthopinakoidfläche (100). Setzt man demnach

$$P = (100) \qquad m = \frac{l_p}{h_p} = 0$$

so wird

$$tg\,\theta\,tg\,\varphi + 1 = 0 \qquad tg\,\theta_1\,tg\,\varphi_1 + 1 = 0$$

als Bedingung der Beständigkeit der Zonen bezüglich P;

$$\psi - \theta = Const. \qquad \psi_1 - \theta_1 = Const.$$

als Bedingung der Beständigkeit des Winkels PR. Die Bedingung der Unveränderlichkeit der Indices von R gibt

$$\frac{tg\,\psi\,tg\,\varphi + 1}{tg\,\psi_1\,tg\,\varphi_1 + 1} = \frac{\mathfrak{A}\cos\varphi_1}{\mathfrak{A}_1\cos\varphi}$$

Führt man in den Gleichungen für P den constanten Winkel C ein, so wird

$$tg\,(\psi + C)\,tg\,\varphi + 1 = 0 \qquad tg\,(\psi_1 + C)\,tg\,\varphi_1 + 1 = 0$$

was aufgelöst

$$tg\,\psi\,tg\,\varphi + 1 + tg\,C\,tg\,\varphi = tg\,C\,tg\,\psi$$
$$tg\,\psi_1\,tg\,\varphi_1 + 1 + tg\,C\,tg\,\varphi_1 = tg\,C\,tg\,\psi_1$$

gibt, woraus man durch die Elimination von C

$$\frac{tg\,\psi - tg\,\varphi}{tg\,\psi_1 - tg\,\varphi_1} = \frac{tg\,\psi\,tg\,\varphi + 1}{tg\,\psi_1\,tg\,\varphi_1 + 1}$$

erhält. Es ist aber

$$tg\,\psi = \mu\frac{\mathfrak{A}}{\sin\varphi} - cotg\,\varphi, \qquad tg\,\psi_1 = \mu\frac{\mathfrak{A}_1}{\sin\varphi_1} - cotg\,\varphi_1$$

folglich unter Berücksichtigung der beiden Gleichungen zwischen ψ und φ

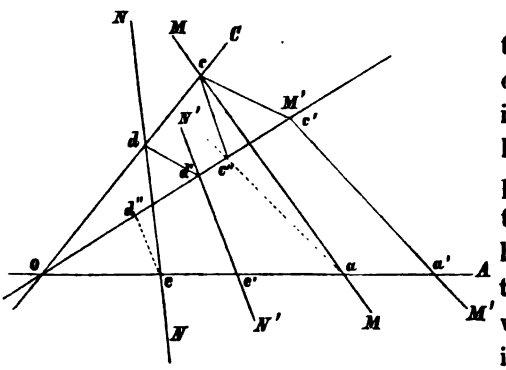
$$\frac{\mathfrak{A}\cos\varphi_1}{\mathfrak{A}_1\cos\varphi} = \frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi} \cdot \frac{\mu\mathfrak{A} - \sec\varphi}{\mu\mathfrak{A}_1 - \sec\varphi_1}$$

woraus

$$\mu = \frac{\mathfrak{A}_1 \sin\varphi - \mathfrak{A}\sin\varphi_1}{\mathfrak{A}\mathfrak{A}_1 \sin(\varphi_1 - \varphi)} \qquad (15)$$

gefunden wird. Dies gibt $\mu = \frac{11}{13}$, also nahezu $\frac{2}{5}$. Es scheint also die Trace der Ebene der dritten Spaltungsrichtung auf der Symmetrieebene, welche der Richtung $(\bar{1}01)$, also $\mu = -1$ entspricht, mit der Änderung der Temperatur veränderliche Winkel mit 100 einzuschliessen. Es liegt aber auch auf der Hand dass, so lange nicht genaue Messungen an einem und demselben Krystallindividuum bei verschiedenen Temperaturen gegeben sind, etwas Bestimmtes über die wahre Lage und den Winkel der Elasticitätsaxen nicht ausgesagt werden kann.

Der Nachweis, dass es unmöglich ist, aus den bisherigen Ergebnissen der Beobachtung die Existenz rechtwinkeliger thermischer Axen im Allgemeinen zu erschliessen, lässt sich auch in folgender Weise führen.



Es sei OC die Richtung einer (möglichen oder wirklichen) Kante in der Symmetrieebene, bei gewöhnlicher Temperatur; OC' die Richtung derselben Kante bei erhöhter Temperatur. Die Kante OA werde während der Erwärmung in ihrer Richtung festgehalten; dabei liegen OC, OA in der Symmetrieebene. MM und NN seien zwei andere Kanten, welche die OC und OA in den durch die Punkte c, d, a, e bezeichneten Verhältnissen schneiden; bei erhöhter Temperatur rücke a nach a', e nach e', c nach c', d nach d', folglich MM nach $M'M'$, NN nach $N'N'$.

Ist NN parallel der Geraden, welche den Punkt c mit einem zweiten Punkte c'' verbindet, den man erhält, wenn man durch a eine Parallele mit $M'M'$ bis zum Durchschnitt mit OC zieht, so wird der Winkel NN, OA gleich dem Winkel $N'N'$, OA, d. i. $N'N'$ bleibt parallel NN.

Beweis. Man ziehe ed'' parallel $N'N$. Nun ist

$$Oc : Od = Oc' : Od'$$
$$Oa : Oe = Oa' : Oe'$$

wegen der Erhaltung der Zonen; aber zugleich

$$Oc' : Oc'' = Oa' : Oa$$
$$Od' : Od'' = Oe' : Oe$$

Schreiben wir das zweite Verhältniss in der Form

$$Oa' : Oa = Oe' : Oe$$

so gibt es mit den beiden letzten

$$Oc' : Oc'' = Od' : Od''$$

d. i.
$$Oc' : Od' = Oc'' : Od'';$$

dies aber gibt mit dem ersten Verhältnisse

$$Oc : Od = Oc'' : Od''$$

woraus folgt, dass dd'' parallel cc'' ist. Aber der Voraussetzung nach ist NN parallel cc'', folglich fällt d' in die Linie NN und $N'N$ ist parallel NN, was zu beweisen war.

Man sieht hieraus, dass für jede gegebene Linie im Krystall eine zweite conjugirte [1]) vorhanden ist, welche ihre Richtung gegen die erstere im Verlaufe der Erwärmung nicht ändert; aber auch zugleich dass es nach den bis jetzt bekannten Thatsachen durchaus nicht nothwendig ist, dass die mit einer Krystallkante conjugirte Gerade selbst wieder eine (mögliche oder wirkliche) Krystallkante (d. i. dass $\frac{Oc : Od}{Oa : Oe}$ durch einfache rationale Zahlen ausdrückbar) sei, und dass in der Symmetrieebene zwei solche Richtungen mit einander rechte Winkel einschliessen, denn dies hängt ganz von den Ausdehnungs-Coëfficienten $\frac{Oc'}{Oc}$, $\frac{Oa'}{Oa}$ und dem Winkelverhältniss $\frac{COA}{C'OA}$ ab, über deren Werthe a priori nichts zu bestimmen ist.

Die Ermittlung der Lage und des Winkels der wahren thermischen Axen in monoklinoëdrischen Krystallen durch Beobachtung

---

[1]) Es ist angenommen, dass der Gang des Punktes C durch eine gerade Linie dargestellt werden kann, was bei der Kleinheit der Änderungen bis auf kleine Grössen zweiter Ordnung strenge richtig ist.

wird eine unserer nächsten Aufgaben sein. Es ist zu erwarten, dass die Maxima und Minima der Ausdehnung rechtwinklig auf einander stehen und ihrer Lage nach Functionen der Temperatur sind.

Über die Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen in Krystallen der klinoëdrischen Systeme.

1. Die Annahme schiefwinkliger Elasticitätsaxen ist begründet auf der Lösung der Symmetrie der Krystallflächen, auf dem Mangel rechtwinkliger thermischer Axen in der Symmetrieebene des monoklinoëdrischen Systems, auf dem Auftreten von zwei Hyperbelsystemen in den Klangfiguren des Gypses. Auch die optischen Verhältnisse dienen dazu, diese Annahme zu bekräftigen.

Bekanntlich war Nörrenberg [1]) schon 1832, und gleichzeitig Herschel [2]) darauf aufmerksam geworden, dass sich die Ebenen der optischen Axen für verschiedene Farben im Borax durchkreuzen; zugleich entdeckte Nörrenberg [3]), dass die Axen im Gyps zwar in einer Ebene liegen, dass aber die erste Mittellinie für verschiedene Farben eine verschiedene Lage hat; Neumann [4]) bestätigte dies und bestimmte die Lage der Axen näher, indem er zugleich die von Mitscherlich [5]) beobachtete Thatsache constatirte, dass der Winkel der optischen Axen des Gypses für verschiedene Temperaturen sich ändert. Brewster [6]) fand eine ganz ähnliche Erscheinung am Glauberit. Miller [7]) beobachtete bald darauf, dass in einigen Substanzen (chlorsaures Kali, Feldspath) die Tracen der Ebenen der optischen Axen parallel erscheinen, und nur die zweite Mittellinie für alle Farben dieselbe Richtung hat [8]).

---

[1]) Pogg. XXVI, 309. XXXV, 382.
[2]) Pogg. XXVI, 308.
[3]) Pogg. XXXV, 81.
[4]) Pogg. XXXV, 81, 203.
[5]) Pogg. VIII, 519.
[6]) Pogg. XXI, 607. XXVII, 480.
[7]) Pogg. XXXVII, 366. LV, 624.
[8]) Die nach diesen Beobachtungen constatirten verschiedenen Dispositionen der Ebenen der optischen Axen hat zuerst Ångström (Act. Ups. 14, 354) dargestellt; später wurden sie von Beer der Aufzählung der optischen Constanten der monoklinoëdrischen Krystalle in seiner trefflichen Einleitung in die höhere Optik (S. 391) vorangestellt. In der deutschen Bearbeitung von Miller's Krystallographie findet sich Taf. XIV und XV die graphische Darstellung, und zwar repräsentirt Fig. 160 die Verhältnisse des Borax, Fig. 161 die des Adulars, Fig. 162 die des Gypses.

Es wurde bald erkannt, wie diese Verhältnisse mit der Fresnel'schen Theorie im Widerspruch stehen. Bei Fresnel sind die Elasticitätsaxen stets rechtwinklig und ihrer Lage und Grösse nach von der Farbe unabhängig. Es ist darum weder eine Dispersion der Strahlen noch eine Dispersion von Vibrationsrichtungen daraus abzuleiten. Dadurch dass Cauchy in der Entwickelung der Reihen, welche die Differenzen der Verschiebungen angeben, bis zu Grössen der vierten Ordnung aufstieg, wurde zwar für die Dispersion in doppelbrechenden Substanzen, insofern sie in das rhomboëdrische, tetragonale und rhombische System gehören, ein Ausdruck gewonnen, der durch ein Eliminationsverfahren zu allgemeinen Relationen zwischen den Brechungsexponenten und Wellenlängen führt; die Dispersion der Elasticitätsaxen aber blieb unerklärt. Neumann [1]) war der erste, der auf den Widerspruch zwischen der Theorie und dieser Erscheinung aufmerksam machte; auch Mac Cullagh [2]) entdeckte darin eine unüberwindliche Schwierigkeit, die durch seinen spätern Versuch einer Theorie nicht gehoben ist; Radicke [3]), der Cauchy's Dispersionscalcül auf rhombische Krystalle mit Erfolg anwandte, glaubte für die klinoëdrischen Substanzen annehmen zu müssen, dass im Zustande des Gleichgewichts die Wirkungen auf einen Punkt in genau entgegengesetzten Richtungen sich nicht vollständig aufheben. Erst Ångström [4]) gelangte durch die Annahme schiefwinkliger Elasticitätsaxen zu Formeln, welche wenigstens auf eine Abhängigkeit der Hauptschwingungsrichtungen von der Temperatur schliessen lassen.

Wir haben Mac Cullagh's Theorie unzureichend genannt; wir wollen in Kürze die Gründe dafür angeben. M'Cullagh hat niemals seine Analyse bekannt gemacht: nur aus einer kurzen Note in Poggendorff's Annalen, Band 58, S. 268 erfährt man, dass es ihm gelungen sei zu Ausdrücken zu gelangen, welche die „Dispersion der Elasticitätsaxen" darstellen. Die Andeutungen in jener Note reichen aber hin um nach der bekannten Theorie im 21. Bande der Dubliner

---

[1]) Dem Phänomen liegt eine neue mit der Fresnel'schen Theorie in keinem Zusammenhange stehende, ja ihr widersprechende Thatsache zu Grunde. Pog. 8, 519.

[2]) These phenomena are inconsistent with all received notions and contradict every theory that has been hitherto proposed. Phil. Mg. (III), 21, 294 (1843).

[3]) Handbuch der Optik, 1, 139 (1839).

[4]) Mémoire sur la polarisation rectiligne et la double réfraction des cristaux à trois axes obliques. Nova acta soc. Upsal. 14, 289 (1850).

Abhandlungen die Rechnung durchzuführen. Mac Cullagh geht nämlich von der allgemeinen Bewegungsgleichung

$$\iiint dx\,dy\,dz\left(\frac{d^2\xi}{dt^2}\delta\xi+\frac{d^2y}{dt^2}\delta\eta+\frac{d^2\zeta}{dt^2}\delta\zeta\right)=\iiint dx\,dy\,dz\,\delta V$$

aus, wo V eine Function des zweiten Grades ist, welche von der Formänderung eines Ätherparallelepipeds im Verlaufe der vibratorischen Bewegung abhängig ist, wobei noch die Voraussetzung gemacht wird, dass die Dichte des Äthers weder durch die Einwirkung der Körpertheilchen noch auch durch die Wellenbewegung verändert werden kann, also

$$\frac{d\xi}{dx}+\frac{d\eta}{dy}+\frac{d\zeta}{dz}=0$$

ist. Zur Bestimmung der Form von V führt Mac Cullagh eine Hypothese ein: er nimmt nämlich an, dass es als eine quadratische Function von

$$X=\frac{d\eta}{dz}-\frac{d\zeta}{dy}\quad Y=\frac{d\zeta}{dx}-\frac{d\xi}{dz}\quad Z=\frac{d\xi}{dy}-\frac{d\eta}{dx}$$
$$X_{,}=\frac{dY}{dz}-\frac{dZ}{dy}\quad Y_{,}=\frac{dZ}{dx}-\frac{dX}{dz}\quad Z_{,}=\frac{dX}{dy}-\frac{dY}{dx}$$
$$X_{,,}=\frac{dY_{,}}{dz}-\frac{dZ_{,}}{dy}\quad Y_{,,}=\frac{dZ_{,}}{dx}-\frac{dX_{,}}{dz}\quad Z_{,,}=\frac{dX_{,}}{dy}-\frac{dY_{,}}{dx}$$

betrachtet werden kann. Krystalle ohne Circularpolarisation sollen durch die Function von

$$X\ Y\ Z\qquad X_{,,}\ Y_{,,}\ Z_{,,}\qquad X_{IV}\ Y_{IV}\ Z_{IV}$$

repräsentirt werden, während im Quarz und ähnlichen Körpern noch die abwechselnden ungeraden Derivaten

$$X_{,}\ Y_{,}\ Z_{,}\qquad X_{,,,}\ Y_{,,,}\ Z_{,,,}$$

hinzutreten. Wir haben nach diesen Andeutungen, auf welche sich Mac Cullagh beschränkt, die Analyse durchgeführt, und theilen sie in der Note am Schlusse dieser Abhandlung (S. 443) mit. Da es sich zunächst nur um die Dispersion in klinoëdrischen Krystallen handelt, haben wir die Glieder, welche die Circularpolarisation betreffen, übergangen.

Man ersieht daraus:

1) dass im Allgemeinen jeder ebenen Welle zweierlei Fortpflanzungsgeschwindigkeit entspricht;

2) dass die Schwingungen dabei rechtwinklig gegen einander gerichtet sind;

3) dass die Schwingungsrichtung von den durch die Buchstaben a_1, b_1, c_1 ausgedrückten Molecularconstanten und von $\frac{1}{\lambda^4}, \frac{1}{\lambda^6} \ldots$ abhängt. Mac Cullagh gibt zwar an, dass die Coëfficienten die Form

$$A_0 + \frac{A_1}{\lambda^2} + \frac{A_2}{\lambda^4} + \frac{A_3}{\lambda^6} + \ldots$$

erhalten; doch verschwinden mit den Derivaten der n^{ten} Ordnung nothwendig auch die Coëfficienten A_n;

4) dass die Fresnel'sche Construction für homogenes Licht nach diesem Werth ausführbar ist und nur für jede Farbe die Elasticitätsfläche andere Dimensionen und andere Lage erhält.

Trotz dieser mehrfachen Übereinstimmung kann M' Cullagh's Theorie nicht befriedigen. Wir übergehen die Annahme, dass die Dichtigkeit des Äthers weder durch die Action der Körpertheilchen noch durch die vibratorische Bewegung geändert werden kann: denn über den ersten Punkt kann kaum noch entschieden werden, obschon es wahrscheinlich ist, dass sowohl die Elasticität als auch die Dichte des ätherischen Systems von Medium zu Medium variirt (wie dies auch ursprünglich Fresnel's Ansicht gewesen); der letztere scheint durch die Phasenverschiebungen des reflectirten Lichtes in der Nähe der Hauptincidenz widerlegt zu werden. Der Haupteinwurf liegt in der Unmöglichkeit diese Theorie mit den körperlichen Verhältnissen der Krystalle in einen einleuchtenden Zusammenhang zu bringen. Denn die Function V ist willkürlich gebaut; jede symmetrische Function, die in ihren geometrischen Eigenschaften die Symmetrie der Krystalle nachahmt, muss zu solcher Übereinstimmung in der allgemeinen Form führen. Ein einfaches Beispiel kann dies erläutern: Ein Kreis kann eine Gerade nur in zwei Punkten schneiden; wird nun von einer Curve nachgewiesen, dass sie von einer Geraden nur in zwei Punkten geschnitten werden kann, so folgt daraus noch nicht, dass sie ein Kreis sein muss. Die Theorie, welche die Dispersionsverhältnisse klinoëdrischer Krystalle darstellt, muss von vorne herein so angelegt sein, dass sie den übrigen bekannten Eigenschaften klinoëdrischer Krystalle sich anschliesst.

Dies ist möglich, man mag von der Annahme unveränderlicher Dichte oder unveränderlicher Elasticität ausgehen; würde in Neumann's Theorie der Doppelbrechung die Voraussetzung eingeführt, dass die Anziehungsfunction variirt, nach der Form des Combinationshabitus monoklinoëdrischer Krystalle, so müsste diese ebenso zur Dispersion in der Symmetrieebene führen.

In Mac Cullagh's Theorie ist durch die Einführung unbestimmter Coëfficienten der geforderte Zusammenhang verhüllt. Es ist kein Zweifel, dass man durch eine schliessliche Gruppirung der Coëfficienten zu Bedingungsgleichungen die Verhältnisse der Krystalle nachahmen kann; aber diese Gruppirung lehrt immer noch nichts über den möglichen Sinn der Constanten, und wenn Mac Cullagh einen besondern Vorzug seiner Theorie darin sieht, dass sie über die völlig unbekannte Anordnung der Theilchen und die Anziehungsfunction nichts auszusagen braucht, so können wir nicht beipflichten; denn das, was eine Theorie unfruchtbar macht, was sie der Fähigkeit beraubt in Beziehung zu andern, gleichzeitig existirenden Verhältnissen zu treten, kann kein Vorzug derselben sein. Sie verliert dadurch den wesentlichen Charakter einer physikalischen Theorie. —

Ångström hat in seiner scharfsinnigen Arbeit sich genau an die Verhältnisse der Natur angeschlossen. Indem er die von Binet[1]) entworfene Methode der conjugirten Axen auf Cauchy's Theorie der Doppelbrechung anwendet, gelangt er zu Formeln, welche die Abhängigkeit der Grösse und Richtung der Polarisationsaxen von der Temperatur darstellen. Aber die Dispersion dieser Axen enthält seine Theorie nicht. Im fünften Paragraph des ersten Abschnittes seiner Abhandlung untersucht er den Einfluss den die Körpertheilchen auf die Bewegungen des gestörten Äthersystems nehmen. Er ist von zweifacher Art: einerseits absorbiren die Körpertheilchen einen Theil der lebendigen Kraft der Äthervibrationen, indem sie selbst in Bewegung gerathen[2]), andererseits ändern sie, selbst wenn sie ruhend bleiben, die Verschiebung der bewegten Ätheratome.

---

[1]) *Mémoire sur la Théorie des axes conjugués et des moments d'inertie des corps. Journ. de l'École polyt. IX, 41.*

[2]) Pflanzen die Körpertheilchen diese Bewegung nach aussen fort, so entsteht Wärme; übertragen sie dieselbe wieder auf den sie umhüllenden Aether, so erscheint Fluorescenz. Auf diese Weise, scheint es, kann man die räthselhafte Erscheinung der dynamischen Theorie einreihen. Vergl. krystallographisch-optische Untersuchungen, S. 66.

Indem Ångström von der ersten Art der Perturbation absieht, untersucht er die letztere näher. Man bestimmt die Wirkung, welche die Körpertheilchen von ihrer Ruhelage aus üben, gewöhnlich dadurch, dass man die Summen

$$A\xi + P\eta + Q\zeta, P\xi + B\eta + R\zeta, Q\xi + R\eta + C\zeta$$

bildet, wo $A, B, C \ldots$ die bekannten Molecularsummen, $\xi\,\eta\,\zeta$ die Verschiebungen des Äthertheilchens bezeichnen. Dies ist nach Ångström nicht hinreichend. Denn dadurch wird zwar der Einfluss bestimmt, den die Körpertheilchen direct auf das in seiner Bewegung betrachtete Äthertheilchen ausüben, so wie der Einfluss den sie dadurch indirect auf die Bewegung der übrigen Äthertheilchen nehmen, insofern diese, sobald das erste sich unter dem Einflusse der Körpertheilchen bewegt, in anderer Weise durch dasselbe afficirt werden, als wenn die Körpertheilchen nicht vorhanden wären. Aber man bestimmt dadurch nicht den Einfluss, den die Körpertheilchen auf die durch die Perturbation des ersten Theilchens bewegten übrigen Ätherpartikel direct ausüben, folglich auch nicht die indirecte Einwirkung der letzteren auf das erste Ätherpartikel. Es sind nämlich, wenn wegen der Verschiebung ξ, η, ζ ein zweites Äthertheilchen um ξ', η', ζ' verschoben wird, auch hier die perturbirenden Kräfte

$$A\xi' + P\eta' + Q\zeta', P\xi' + B\eta' + R\zeta', Q\xi' + R\eta' + C\zeta'$$

thätig. Man hat somit, wenn man nur die Verschiebungsdifferenzen sämmtlicher Theilchen innerhalb der Wirkungssphäre betrachtet,

$$SA\Delta\xi + SP\Delta\eta + SQ\Delta\zeta, SP\Delta\xi + SB\Delta\eta + SR\Delta\zeta$$
$$SQ\Delta\xi + SR\Delta\eta + SC\Delta\zeta$$

als den Ausdruck der Perturbationsglieder dieser Ordnung.

Diese Grössen, die in Cauchy's Calcül vernachlässigt werden, können durch die Summirung sehr beträchtlich werden; wie es schon von Neumann in der Theorie der gekühlten Gläser nachgewiesen worden. Indem nun Ångström auch die perturbirende Wirkung der Körpertheilchen als eine Function der Entfernung der Ätherpartikel einführt, wird, wenn $f(r)$ die reine Ätherfunction, $\psi(r)$ die Perturbationsfunction bezeichnet, der Ausdruck der gegenseitigen Action zweier Äthertheilchen $= mm'[f(r) - \psi(r)]$. Der Einwurf Broch's, dass die Cauchy'sche Dispersionstheorie unzulässig sei, da die

relativen Verschiebungen innerhalb der Wirkungssphäre eines Ätheratoms niemals so gross werden können, um die Entwickelung von $\Delta\xi$, $\Delta\eta$, $\Delta\zeta$ nach mehr als zwei Gliedern zu rechtfertigen, darf nun auf diese zusammengesetzte Function nicht angewendet werden; denn es ist gewiss die Wirkungssphäre eines ponderablen Atoms weit grösser als die eines Äthertheilchens, und wenn ihr Durchmesser einen merklichen Bruchtheil einer Wellenlänge ausmacht, müssen auch die höheren Glieder jener Entwickelung von Einfluss werden. Wenn nun aber Ångström trotzdem nur die ersten Glieder der Entwickelung beibehält, schliesst er selbst die Dispersionsglieder wieder aus. Dass in den Gleichungen, welche die Geschwindigkeit der beiden Strahlen ausdrücken, die Summen

$$Sm\,\frac{d\varphi(r)}{rdr}\cdot\frac{x'^2y'^2}{2},\quad Sm\,\frac{d\varphi(r)}{rdr}\cdot\frac{x'^2y'^2}{2},\quad Sm\,\frac{d\varphi(r)}{rdr}\cdot\frac{y'^2z'^2}{2}$$

vorkommen $\left(\text{wo } \varphi(r) = \frac{f(r)-\psi(r)}{r} \text{ ist, und } x', y', z' \text{ die relativen Coordinaten der Ätherpunkte sind, also } r^2 = (x-x')^2+(y-y')^2+(z-z')^2\right)$, macht sie noch nicht von der Wellenlänge abhängig; denn die Änderung von $\varphi(r)$, respective $\psi(r)$, welche noch in Betracht kommt, erstreckt sich zwar über Punkte, die um einen merklichen Bruchtheil einer Wellenlänge von einander entfernt sein können, aber sie selbst ist keine Function der Wellenlänge. Die Einführung eines schiefwinkligen Elasticitäts-Axensystems kann daher nur dazu führen, für eine homogene gegebene Farbe die Lage der Hauptschwingungsrichtungen zu bestimmen; aber es gibt nicht die Glieder, welche die Änderung dieser Richtungen als Function der Änderung der Farbe ausdrücken.

Wenn Cauchy's Dispersionsformeln durch die Beobachtung bestätigt werden, so hat dies seinen Grund in dem Eliminationsverfahren, durch welches alle Molecularconstanten entfernt und dadurch die unterscheidenden Merkmale der beiden Ansichten beseitigt werden. So lange es sich um allgemeine Relationen handelt, kann der Weg der Elimination eingehalten werden; er führt zu empirischen Formeln, die eine Vergleichung mit der Beobachtung zulassen; soll aber die Dispersion als das, was sie ist, als Function der Wirkung der Körpertheilchen dargestellt werden, so wird man die Berücksichtigung der Function $\psi(r)$ nicht unterlassen dürfen. Leider fehlt

aber bisher jeder Anhaltspunkt zu einer Vermuthung über die Natur der beiden mit $f(r)$ und $\psi(r)$ bezeichneten Functionen; man kann darum auch nicht wohl von einer Theorie der Doppelbrechung sprechen, insofern bis jetzt alles auf die Discussion gewisser Symmetriebedingungen hinausläuft, die wirkenden Molecularkräfte seien welcher Art immer.

2. Wir haben es versucht auf einem Wege, der sich genau den Thatsachen der Erfahrung anschliesst, die Dispersionsverhältnisse klinoëdrischer Krystalle abzuleiten.

Man kann einen Krystall als das Ergebniss des Zusammenwirkens der anziehenden und abstossenden Kräfte betrachten, welche zwischen dem Äther und Körpertheilchen walten. Wie auch immer die ebenflächige Begrenzung und Spaltbarkeit mit der eigentlichen Lagerung der Atome und Molecüle zusammenhängen mag, so muss doch diese Lagerung nach solchen Symmetriegesetzen statthaben, wie sie im Combinationshabitus des Krystalles ausgesprochen sind. Da aber Äther und Materie sich in ihrer Anordnung gegenseitig bedingen, so muss nothwendig dieselbe Symmetrie, welche in der Anordnung der Körpertheilchen waltet, auch in der Vertheilung der Äthertheilchen wieder zu finden sein. Es sind zwar sorgfältig zweierlei Systeme zu unterscheiden: das der complexen Molecüle, die aus den Atomen als den letzten Masseneinheiten sich zusammensetzen, und das des Krystallkörpers, dessen nächste Bestandstücke die complexen Molecüle bilden; die Stabilität des ersten Systemes ist in dem Maasse grösser als die chemischen Kräfte die mechanischen übertreffen. Die optischen Verhältnisse hängen aber, wie im nächsten Abschnitte bewiesen werden wird, wesentlich und zunächst von der Constitution des Molecüles ab, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Elasticitätsaxen des Äthers zugleich die des Molecüles, dagegen die thermischen Axen die Elasticitätsaxen des zweiten Systems, des Krystallganzen sind. Da die Krystallform durch die Form der Molecüle bedingt ist, so muss man in dem Bau der Molecüle eine ähnliche Symmetrie vermuthen, wie sie an dem Krystallganzen beobachtet wird, und man muss daher auch annehmen, dass die Äthertheilchen im Molecül eine ähnliche Anordnung besitzen. Dass diese Annahme zu naturgemässen Folgerungen führt, werden die folgenden Paragraphe beweisen.

Wir wissen aber nichts von der wahren Lage der Elasticitätsaxen; weder die des ersten noch die des zweiten Systems sind bis

jetzt ermittelt. Die Krystallisation selbst bietet eine gewisse Schwierigkeit dar, welche bis jetzt unlösbar erscheint; die Hemiëdrie. Wenn in der Symmetrieebene der monoklinoëdrischen Krystalle zwei schiefwinklige Elasticitätsaxen x, z sind, so sollte bezüglich dieser jedes Orthodoma vier Flächen haben, da

$$Sm\,\varphi(r)\;x'\,z'$$

gleich Null ist, d. i. für jeden der Punkte x, z drei andere Punkte $-x, z$; $x, -z$; $-x\,-z$ coëxistiren. Und doch kommt häufig nur ein halbes Orthodoma vor, und man wird zur Erklärung an die Hemiëdrie der orthogonalen Systeme verwiesen, welche selbst wieder aus demselben Grunde mit den Grundeigenschaften eines stabilen Systemes in Widerspruch scheinen. Wir haben daher die Vertheilung der Ätheratome nicht auf Elasticitätsaxen bezogen, wodurch die Rechnung zugleich um ein Bedeutendes vereinfacht wird, ohne dass die Allgemeinheit der Resultate beeinträchtigt würde.

Die Differentialgleichungen für die unendlich kleinen Verschiebungen eines Systemes von Punkten die sich gegenseitig anziehen oder abstossen, sind bekanntlich

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = L\xi + R\eta + Q\zeta$$
$$\frac{d^2\eta}{dt^2} = R\xi + M\eta + P\zeta$$
$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = Q\xi + P\eta + N\zeta$$

wo $L, M, N \ldots$ Operationszeichen sind, von folgender Bedeutung

$$L = S\left\{\left[\varphi(r) + \frac{x'^2}{r}\cdot\frac{d\varphi(r)}{dr}\right](e^{x'\frac{d}{dx}+y'\frac{d}{dy}+z'\frac{d}{dz}} - 1)\right\}$$

$$M = S\left\{\left[\varphi(r) + \frac{y'^2}{r}\cdot\frac{d\varphi(r)}{dr}\right](e^{x'\frac{d}{dx}+y'\frac{d}{dy}+z'\frac{d}{dz}} - 1)\right\}$$

$$N = S\left\{\left[\varphi(r) + \frac{z'^2}{r}\cdot\frac{d\varphi(r)}{dr}\right](e^{x'\frac{d}{dx}+y'\frac{d}{dy}+z'\frac{d}{dz}} - 1)\right\}$$

$$P = S\left\{\frac{y'z'}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr}\left(e^{x'\frac{d}{dx}+y'\frac{d}{dy}+z'\frac{d}{dz}} - 1\right)\right\}$$

$$Q = S\left\{\frac{z'x'}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr}\left(e^{x'\frac{d}{dx}+y'\frac{d}{dy}+z'\frac{d}{dz}} - 1\right)\right\}$$

$$R = S\left\{\frac{x'y'}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr}\left(e^{x'\frac{d}{dx}+y'\frac{d}{dy}+z'\frac{d}{dz}} - 1\right)\right\}$$

r ist die Entfernung zweier Äthertheilchen, deren rechtwinkelige Coordinaten x, y, z und $x + x', y + y', z + z'$ sind; die Summirung bezieht sich auf alle x', y', z', die noch für die Function φ in Betracht kommen.

Die Masse m eines Äthertheilchens ist dabei gleich eins gesetzt.

Da
$$\varphi(r) = \frac{f(r) - \psi(r)}{r}$$
so wird

$$\frac{d\varphi(r)}{dr} = \frac{1}{r}\left(\frac{\psi(r)}{r} - \frac{d\psi(r)}{dr}\right) - \frac{1}{r}\left(\frac{f(r)}{r} - \frac{df(r)}{dr}\right)$$

Setzen wir

$$\frac{1}{r}\left(\frac{\psi(r)}{r} - \frac{d\psi(r)}{dr}\right) = \Psi(r), \frac{1}{r}\left(\frac{f(r)}{r} - \frac{df(r)}{dr}\right) = F(r)$$

so werden bei der Entwickelung der Exponentiellen in Reihenform für $f(r)$ und $F(r)$ nur die ersten Glieder in Betracht kommen können, während für $\psi(r)$ und $\Psi(r)$ auch noch die höheren Bedeutung haben.

Werden in den Differentialgleichungen die particulären Integrale

$$\xi = A\, e^{\left(\frac{2\pi}{\lambda}(ux+vy+wz) - st\right)\sqrt{-1}}$$

$$\eta = B\, e^{\left(\frac{2\pi}{\lambda}(ux+vy+wz) - st\right)\sqrt{-1}}$$

$$\zeta = C\, e^{\left(\frac{2\pi}{\lambda}(ux+vy+wz) - st\right)\sqrt{-1}}$$

eingeführt, so erhält man die Substitutions-Gleichungen

$$As^2 = \mathfrak{L}A + \mathfrak{N}B + \mathfrak{Q}C$$
$$Bs^2 = \mathfrak{N}A + \mathfrak{M}B + \mathfrak{P}C$$
$$Cs^2 = \mathfrak{Q}A + \mathfrak{P}B + \mathfrak{N}C$$

welche durch die Elimination von A, B, C eine cubische Gleichung für s^2 liefern. Die deutschen Buchstaben bedeuten nicht ferner symbolische Operationszeichen, sondern es ist

$$\mathfrak{L} = S\left\{\left(\varphi(r) + \frac{x^{2\prime}}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr}\right)\left(e^{\frac{2\pi}{\lambda}\left(ux' + vy' + wz'\right)} - 1\right)\right\}$$

$$\mathfrak{M} = S\left\{\left(\varphi(r) + \frac{y'^2}{r} \cdot \frac{d\varphi(r)}{dr}\right)\left(e^{\frac{2\pi}{\lambda}\left(ux' + vy' + wz'\right)} - 1\right)\right\}$$

u. s. f.

Die Coëfficienten $\mathfrak{L}, \mathfrak{M} \ldots$ der cubischen Gleichung ordnen sich genau in derselben Form, wie die gleichnamigen Coëfficienten der Gleichung des Ellipsoides

$$\mathfrak{L}x^2 + \mathfrak{M}y^2 + \mathfrak{N}z^2 + 2\mathfrak{P}yz + 2\mathfrak{Q}zx + 2\mathfrak{R}xy = 1 \qquad (1)$$

sobald man die Grösse und Richtung der Hauptaxen aufsucht. Es werden somit die drei Werthe von s^2 den reciproken Werthen der Längen der Hauptaxen dieses Ellipsoides entsprechen, und durch die obigen Substitutionsgleichungen solche Werthe von A, B, C liefern, die drei unter einander rechtwinkligen Richtungen entsprechen. Da nun $s = \frac{2\pi}{\tau}$, so werden die reciproken Werthe der Hauptaxen, multiplicirt mit $\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2$ zugleich die Quadrate der Fortpflanzungsgeschwindigkeit geben. Das Ellipsoid (1) kann deshalb dazu dienen die Schwingungsrichtungen und Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zu bestimmen, welche einer gegebenen ebenen Welle

$$ux + vy + wz = 1$$

entsprechen; es ist Cauchy's Polarisationsellipsoid.

Wird in $\mathfrak{L}, \mathfrak{M} \ldots$ die Exponentielle entwickelt, so zerfällt jeder dieser Coëfficienten in eine Reihe von Summen, von denen einige wegen der Symmetrie der Anordnung der Äthertheilchen für sich gleich Null sind. Wir wollen zunächst die Bedingungen dafür untersuchen, sehen dabei aber sowohl von der enantiomorphen als auch hemimorphen Hemiëdrie ab.

Den allgemeinsten Fall bietet dann das triklinoëdrische System dar. Indem hier eine Fläche immer nur eine parallele Gegen-

fläche und gar keine Nebenfläche bedingt, so entspricht jedem Punkte ein Gegenpunkt und weiter nichts. Es müssen also die Punkte $x'\ y'\ z'$, $-x'\ -y'\ -z'$ coëxistiren.

Nehmen wir an, dass die Axe y mit der Symmetrieaxe des monoklinoëdrischen Systemes zusammenfällt, so haben wir, da in diesem Systeme jeder Fläche eine parallele Gegenfläche entspricht und zugleich Symmetrie rechts und links von der Symmetrieebene herrscht, die conjugirten Punkte

$$\begin{array}{llll} x' & y' & z' & \quad -x' \ -y' \ -z' \\ x' & y' & z' & \quad x' \ -y' \ \ z' \end{array}$$

Im rhombischen Systeme wird wegen der drei auf einander rechtwinkligen Krystallaxen das Coordinatensystem mit diesen zusammenfallen können, und es ergeben sich hieraus die schon von Cauchy und Poisson berücksichtigten conjugirten Systeme

$$\begin{array}{llll} x' & y' & z' & \quad -x' \ -y' \ -z' \\ x' & y' & z' & \quad -x' \ \ y' \ \ z' \\ x' & y' & z' & \quad x' \ -y' \ \ z' \\ x' & y' & z' & \quad x' \ \ y' \ -z' \end{array}$$

Hieraus folgt, dass jede Summe $S\,A\,x^m\,y^n\,z^p$ Null ist

1) im triklinoëdrischen Systeme, wenn $m+n+p$ ungerade;

2) im monoklinoëdrischen Systeme, wenn $m+n+p$ ungerade oder $m+n+p$ gerade, aber n ungerade;

3) im rhombischen Systeme, wenn $m+n+p$ ungerade oder $m+n+p$ gerade, aber entweder m, oder n, oder p ungerade ist.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich, dass in der Entwickelung der Exponentiellen

$$e^{\frac{2\pi}{\lambda}(ux'+vy'+wz')} - 1 = \frac{2\pi}{\lambda}(ux'+vy'+wz')$$
$$+\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2(ux'+vy'+wz')^2 + \frac{1}{1.2.3}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^3(ux'+vy'+wz')^3$$
$$+\frac{1}{1.2.3.4}\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4(ux'+vy'+wz')^4 + \ldots$$

die Glieder mit ungeraden Exponenten bei der Substitution in die Summen Ausdrücke vom Werthe Null liefern; es bleibt somit, wenn

wir uns mit der zweiten Approximation begnügen, nur das zweite und vierte Glied übrig. In triklinoëdrischen Krystallen würde keine weitere Vereinfachung mehr eintreten; im monoklinoëdrischen Systeme ist dies jedoch der Fall und wir gehen auf die nähere Untersuchung der Verhältnisse dieses Systems über.

3. Setzt man

$$\varphi(r)+\frac{x'^2}{r}\cdot\frac{d\varphi(r)}{dr}=X \qquad \frac{d\varphi(r)}{rdr}y'z'=\bar{X}$$
$$\varphi(r)+\frac{y'^2}{r}\cdot\frac{d\varphi(r)}{dr}=Y \qquad \frac{d\varphi(r)}{rdr}x'z'=\bar{Y}$$
$$\varphi(r)+\frac{z'^2}{r}\cdot\frac{d\varphi(r)}{dr}=Z \qquad \frac{d\varphi(r)}{rdr}y'x'=\bar{Z}$$

$$\frac{m}{2}SXx'^2=a \quad \frac{m}{2}SYx'^2=b \quad \frac{m}{2}SZx'^2=c \quad mSXx'z'=\dot{\alpha}$$
$$\frac{m}{2}SXy'^2=a' \quad \frac{m}{2}SYy'^2=b' \quad \frac{m}{2}SZy'^2=c' \quad mSYx'z'=\beta$$
$$\frac{m}{2}SXz'^2=a'' \quad \frac{m}{2}SYz'^2=b'' \quad \frac{m}{2}SZz'^2=c'' \quad mSZx'z'=\gamma$$

$$\frac{m\pi^2}{6}SXx'^4=d \quad \frac{m\pi^2}{6}SYx'^4=e \quad \frac{m\pi^2}{6}SZx'^4=f$$
$$\frac{m\pi^2}{6}SXy'^4=d' \quad \frac{m\pi^2}{6}SYy'^4=e' \quad \frac{m\pi^2}{6}SZy'^4=f'$$
$$\frac{m\pi^2}{6}SXz'^4=d'' \quad \frac{m\pi^2}{6}SYz'^4=e'' \quad \frac{m\pi^2}{6}SZz'^4=f''$$

$$\frac{2m\pi^2}{3}SXx'^2z'=\delta \quad \frac{2m\pi^2}{3}SYx'^2z'=\varepsilon \quad \frac{2m\pi^2}{3}SZx'^2z'=\zeta$$
$$2m\pi^2SXx'y'^2z'=\delta' \quad 2m\pi^2SYx'y'^2z'=\varepsilon' \quad 2m\pi^2SZx'y'^2z'=\zeta'$$
$$\frac{2m\pi^2}{3}SXx'z'^2=\delta'' \quad \frac{2m\pi^2}{3}SYx'z'^2=\varepsilon'' \quad \frac{2m\pi^2}{3}SZx'z'^2=\zeta''$$

$$m\pi^2SXy'^2z'^2=g \quad m\pi^2SYy'^2z'^2=h \quad m\pi^2SZy'^2z'^2=i$$
$$m\pi^2SXx'^2z'^2=g' \quad m\pi^2SYz'^2x'^2=h' \quad m\pi^2SZz'^2x'^2=i'$$
$$m\pi^2SXx'^2y'^2=g'' \quad m\pi^2SYx'^2y'^2=h'' \quad m\pi^2SZx'^2y'^2=i''$$

$$\frac{m}{2}S\bar{Y}x'^2=\mu \quad mS\bar{X}y'z'=n \quad \frac{m\pi^2}{6}S\bar{Y}x'^4=\nu$$
$$\frac{m}{2}S\bar{Y}y'^2=\mu' \quad mS\bar{Y}x'z'=n' \quad \frac{m\pi^2}{6}S\bar{Y}y'^4=\nu'$$
$$\frac{m}{2}S\bar{Y}z'^2=\mu'' \quad mS\bar{Z}y'x'=n'' \quad \frac{m\pi^2}{6}S\bar{Y}z'^4=\nu''$$

$$\frac{2m\pi^2}{3}S\bar{X}x'^2y' = \theta \quad \frac{2m\pi^2}{3}S\bar{Y}x'^2z' = \rho \quad \frac{2m\pi^2}{3}S\bar{Z}x'^2y' = \eta$$
$$2m\pi^2 S\bar{X}x'^2y'z' = \theta' \quad 2m\pi^2 S\bar{Y}x'y'^2z' = \rho' \quad 2m\pi^2 S\bar{Z}x'^2y'z' = \eta'$$
$$\frac{2m\pi^2}{3}S\bar{X}x'y'^2 = \theta'' \quad \frac{2m\pi^2}{3}S\bar{Y}x'z'^2 = \rho'' \quad \frac{2m\pi^2}{3}S\bar{Z}x'y'^2 = \eta''$$

$$\frac{2m\pi^2}{3}S\bar{X}z'^2y' = \chi \quad 2m\pi^2 S\bar{Y}y'^2z'^2 = \sigma \quad \frac{2m\pi^2}{2}S\bar{Z}z'^2y' = \xi$$
$$2m\pi^2 S\bar{X}z'^2x'y' = \chi' \quad 2m\pi^2 S\bar{Y}x'^2z'^2 = \sigma' \quad 2m\pi^2 S\bar{Z}z'^2x'y' = \xi'$$
$$\frac{2m\pi^2}{3}S\bar{X}z'y'^2 = \chi'' \quad 2m\pi^2 S\bar{Y}y'^2x'^2 = \sigma'' \quad \frac{2m\pi^2}{3}S\bar{Z}z'y'^2 = \xi''$$

so erhält man für die Coëfficienten des Polarisationsellipsoides, indem man zugleich jedes Glied mit $\left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^2$ multiplicirt

$$\mathfrak{L}_1 = au^2 + a'v^2 + a''w^2 + \alpha uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[du^4 + d'v^4 + d''w^4 + gv^2w^2 + g'u^2w^2 + g''u^2v^2 + uw(\delta u^2 + \delta' v^2 + \delta'' w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{M}_1 = bu^2 + b'v^2 + b''w^2 + \beta uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[eu^4 + e'v^4 + e''w^4 + hv^2w^2 + h'u^2w^2 + h''u^2v^2 + uw(\varepsilon u^2 + \varepsilon' v^2 + \varepsilon'' w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{N}_1 = cu^2 + c'v^2 + c''w^2 + \gamma uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[fu^4 + f'v^4 + f''w^4 + iv^2w^2 + i'u^2w^2 + i''u^2v^2 + uw(\zeta u^2 + \zeta' v^2 + \zeta'' w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{P}_1 = n.vw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[uv(\theta u^2 + \theta' uw + \theta'' v^2) + vw(\chi w^2 + \chi' uw + \chi'' v^2)\Big]$$

$$\mathfrak{Q}_1 = \mu u^2 + \mu' v^2 + \mu'' w^2 + n'.uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[\nu u^4 + \nu' v^4 + \nu'' w^4 + \sigma v^2w^2 + \sigma' u^2w^2 + \sigma'' u^2v^2 + uw(\rho u^2 + \rho' v^2 + \rho'' w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{R}_{,} = n'' \cdot uv + \frac{1}{\lambda^2}\left[uv\,(\eta u^2 + \eta' uw + \eta'' v^2)\right.$$
$$\left. + vw\,(\xi w^2 + \xi' uw + \xi'' v^2)\right]$$

Das Ellipsoid

$$\mathfrak{L}_{,}x^2 + \mathfrak{M}_{,}y^2 + \mathfrak{N}_{,}z^2 + 2\mathfrak{P}_{,}yz + 2\mathfrak{Q}_{,}zx + 2\mathfrak{R}_{,}xy = 1 \qquad (2)$$

hat nun die Eigenschaft, dass seine drei Hauptaxen die Schwingungsrichtungen anzeigen, welche einer ebenen, einen monoklinoëdrischen Krystall durchschreitenden Welle zukommen, und dass die Grössen dieser Axen zugleich die reciproken Werthe der Quadrate der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der entsprechenden Wellen sind.

Es ist zu bemerken, dass hier sämmtliche Coëfficienten in der Form $A + \frac{1}{\lambda^2} B$ auftreten; die Schwingungsrichtung und Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist somit als Function der Wellenlänge gegeben. Da die mit griechischen Buchstaben bezeichneten Summen für rhombische Krystalle verschwinden, so übersieht man leicht den Unterschied zwischen den Coëfficienten der beiden Systeme.

Wäre die Entwickelung der Exponentiellen zu höheren Potenzen geführt worden (was bei der Natur der Function ψ nicht unstatthaft wäre), so würden die Coëfficienten die Form

$$A_0 + \frac{A_1}{\lambda^2} + \frac{A_2}{\lambda^4} + \frac{A_3}{\lambda^6} + \cdots$$

erhalten haben; bei dem gegenwärtigen Stande der Beobachtungsmittel kann man aber wohl kaum über die zwei ersten Glieder hinausgehen. Man wird hier an die Verschiedenheit zwischen der Theorie des Lichtes und des Erdmagnetismus erinnert. In der ersten ist die Anziehungsfunction unbekannt, dagegen das Gesetz der Anordnung bekannt; in der letztern findet das Umgekehrte statt: wie nun in dieser durch fortgesetzte Beobachtungen zu höheren Gliedern in der Reihenentwickelung des Potentials fortgeschritten und dadurch das Gesetz der idealen Vertheilung der Magnetismen über die Erdoberfläche allmählich ermittelt werden soll, so muss umgekehrt in der Lichttheorie durch die Beobachtung die weitere Reihenentwickelung der Exponentiellen möglich gemacht werden, woraus dann durch die Vermehrung der Molecularrelationen das Gesetz der Molecularaction selbst in immer mehr genäherten Werthen erhalten werden soll.

4. Wir übergehen nun die sehr weitläufigen Rechnungen, durch welche wir von der Gleichung des Polarisationsellipsoides zu einer allgemeinen Relation zu gelangen versuchten, in welcher die Hauptschwingungsrichtungen und die ihnen entsprechenden Fortpflanzungsgeschwindigkeiten enthalten sind. Man erreicht dies nur durch willkürliche Annahmen über das gegenseitige Verhältniss der Molecularsummen, welche man so wählen kann, dass die Longitudinalcomponenten ausgeschieden werden. Die geeignete Discussion des Polarisationsellipsoides reicht hin, die bis jetzt durch die Beobachtung gebotenen Thatsachen abzuleiten. Diese sind:

a) Von den beiden homogenen Wellen, welche parallel der Symmetrieaxe den Krystall durchschreiten, besitzt die eine constante Geschwindigkeit;

b) die Schwingungsrichtungen der beiden Wellen, welche den Krystall parallel mit der Symmetrieebene durchschreiten, sind je nach der Farbe verschieden orientirt.

Betrachten wir nun zunächst den ersten Fall. Die Wellennormale ist in der Symmetrieebene, also $v = 0$. Es wird

$$\mathfrak{L}_{,,} = au^2 + a''w^2 + \alpha uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[du^4 + d''w^4 + uw\,(\delta u^2 + g'uw + \delta''w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{M}_{,,} = bu^2 + b''w^2 + \beta uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[eu^4 + e''w^4 + uw\,(\varepsilon u^2 + h'uw + \varepsilon''w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{N}_{,,} = cu^2 + c''w^2 + \gamma uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[fu^4 + f''w^4 + uw\,(\zeta u^2 + i'uw + \zeta''w^2)\Big]$$

$$\mathfrak{P}_{,,} = 0 \quad \mathfrak{Q}_{,,} = \mu u^2 + \mu''w^2 + n'uw + \frac{1}{\lambda^2}\Big[\nu u^4 + \nu''w^4 + uw\,(\rho u^2 + \sigma' uw + \rho''w^2)\Big] \quad \mathfrak{R}_{,,} = 0$$

folglich das Polarisationsellipsoid

$$\mathfrak{L}_{,,}x^2 + \mathfrak{M}_{,,}y^2 + \mathfrak{N}_{,,}z^2 + 2\mathfrak{Q}_{,,}xz = 1 \tag{3}$$

Welche Richtung immer die Wellennormale in der Symmetrieebene haben mag, so wird dieser Gleichung gemäss doch immer eine

Schwingungsrichtung in die Symmetrieaxe entfallen und die Schwingungen dieser Welle fallen in die Wellenebene selbst. Der Beobachtung entsprechend wird, wenn die Fresnel'sche Ansicht über die Richtung der Schwingungsebene angenommen wird, $\mathfrak{M}_{,,}$ von u oder w unabhängig sein müssen; da zwischen den beiden Cosinussen die Relation

$$u^2 + w^2 = 1$$

besteht, so reducirt sich dies auf die Bedingungen

$$b = b'' \qquad c = c'' \qquad h' = 2e \qquad \beta = \varepsilon = \varepsilon'' = 0$$

und dies gibt

$$\mathfrak{M}_{,,} = b + \frac{1}{\lambda^2} e.$$

Die zweite Welle schwingt in der Symmetrieebene. Setzt man

$$x = \mathrm{x}\ cos\ \psi - \mathrm{z}\ sin\ \psi$$
$$z = \mathrm{x}\ sin\ \psi + \mathrm{z}\ cos\ \psi$$

so geht (3) durch die Annahme

$$tg\ 2\psi = \frac{2\mathfrak{D}_{,,}}{\mathfrak{L}_{,,} - \mathfrak{N}_{,,}}$$

in

$$L_{,,}\mathrm{x}^2 + \mathfrak{M}_{,,}y^2 + N_{,,}\mathrm{z}^2 = 1$$

über, wo

$$L_{,,} = \mathfrak{L}_{,,}\ cos\ \psi^2 + \mathfrak{N}_{,,}\ sin\ \psi^2 + 2\mathfrak{D}_{,,}\ sin\ \psi\ cos\ \psi$$
$$N_{,,} = \mathfrak{C}_{,,}\ sin\ \psi^2 + \mathfrak{N}_{,,}\ cos\ \psi^2 - 2\mathfrak{D}_{,,}\ sin\ \psi\ cos\ \psi$$

ist. Die Hauptaxe X schliesst somit mit der ursprünglichen Abscissenrichtung den Winkel φ ein; sie ist die Normale der Vibrationen, welche parallel Z vor sich gehen. Die Wellennormale schliesst mit x einen Winkel ein, dessen Cosinus u, mit z einen Winkel dessen Cosinus w ist; nennt man $\psi_1 = arc\ cos\ u$, so ist

$$tg\ 2\psi_{,} = \frac{2uw}{u^2 - w^2},$$

folglich wird die Winkel-Differenz zwischen der Normalen der Welle und der Normalen der Vibration, also auch zwischen der Wellenebene und der Oscillationsebene durch die Differenz

$$\Delta = tg\, 2\psi - tg\, 2\psi,$$

gemessen werden können. Man kann hieraus die Bedingungen auffinden, an deren Erfüllung das Zusammenfallen der Vibrations- und der Wellenebene geknüpft ist. Es muss

$$\Delta = 0$$

$$\frac{\mathfrak{Q}_{,,}}{\mathfrak{L}_{,,} - \mathfrak{R}_{,,}} = \frac{uw}{u^2 - w^2}$$

sein. Wird das Coordinatensystem ursprünglich so gewählt, dass für $u = 0$ oder für $w = 0$ die Differenz Δ verschwindet, so hat man im ersteren Falle

$$u = 0 \quad w = 1 \quad \mathfrak{Q}_{,,} = \mu'' + \frac{\nu''}{\lambda^2} = 0$$

im zweiten Falle

$$u = 1 \quad w = 0 \quad \mathfrak{Q}_{,,} = \mu + \frac{\nu}{\lambda^2} = 0$$

In beiden Fällen ist $\psi = 0$. Es geht hieraus hervor, dass eine strenge Coincidenz der Vibrationen mit der Wellenebene in zwei auf einander rechtwinkeligen Richtungen in der Symmetrieebene möglich ist, sobald eine solche Wahl der Coordinatenaxen getroffen werden kann, dass gleichzeitig

$$\mu + \frac{\nu}{\lambda^2} = 0 \quad \mu'' + \frac{\nu''}{\lambda^2} = 0$$

wird. Im rhombischen Systeme wird diese Bedingung unabhängig von der Wahl der Farbe erfüllt, da $\mu = \mu'' = \nu = \nu'' = 0$ ist; im monoklinoëdrischen Systeme wird die Lage dieser Richtungen von der Farbe abhängen, wie es auch nach der Thatsache der Disperaion der Hauptvibrationsrichtungen in der Symmetrieebene nicht anders zu erwarten war.

5. Die Wellen mögen nun parallel mit der Symmetrieebene den Krystall durchschreiten. Dann ist $u = w = 0$, $v = 1$ und

$$\mathfrak{L}_{,,,} = a' + d' \frac{1}{\lambda^2}$$
$$\mathfrak{M}_{,,,} = b' + e' \frac{1}{\lambda^2}$$
$$\mathfrak{N}_{,,,} = c' + f' \frac{1}{\lambda^2}$$
$$\mathfrak{P}_{,,,} = 0$$
$$\mathfrak{Q}_{,,,} = \mu' + \nu' \frac{1}{\lambda^2}$$
$$\mathfrak{R}_{,,,} = 0.$$

Die Gleichung des Polarisationsellipsoides wird

$$\mathfrak{L}_{,,,} x^2 + \mathfrak{M}_{,,,} y^2 + \mathfrak{N}_{,,,} z^2 + 2\mathfrak{Q}_{,,,} xz = 1. \qquad (4)$$

Da die Transversalcomponenten in die Symmetrieebene entfallen, so schliessen die Vibrationen in diesem Falle keinen Winkel mit der Wellenebene ein. Die Ellipsenaxen in der Symmetrieebene sind die gesuchten Hauptschwingungsrichtungen. Transformirt man auch hier, indem

$$x = \mathrm{x}\cos\theta - \mathrm{z}\sin\theta$$
$$z = \mathrm{x}\sin\theta + \mathrm{z}\cos\theta$$

gesetzt wird, so erhält man, wenn

$$tg\,2\theta = 2\,\frac{\mu' + \frac{1}{\lambda^2}\nu'}{(a' - c') + \frac{1}{\lambda^2}(d' - f')} \quad \ldots\ldots (4')$$

und

$$s = a'\cos\theta^2 + c'\sin\theta^2 + \mu'\sin\theta\cos\theta$$
$$s' = d'\cos\theta^2 + f'\sin\theta^2 + \nu'\sin\theta\cos\theta$$
$$t = a'\sin\theta^2 + c'\cos\theta^2 - \mu'\sin\theta\cos\theta$$
$$t' = d'\sin\theta^2 + f'\cos\theta^2 - \nu'\sin\theta\cos\theta$$

bedeutet, die Gleichung des Polarisationsellipsoides bezüglich der Hauptaxen

$$\mathrm{x}^2\left(s + \frac{s'}{\lambda^2}\right) + y^2\left(b' + \frac{e'}{\lambda^2}\right) + \mathrm{z}^2\left(t + \frac{t'}{\lambda^2}\right) = 1. \qquad (5)$$

Aus diesen Gleichungen sieht man

a) dass (wegen 4') die Hauptschwingungsrichtungen in der Symmetrieebene dispergirt sein müssen; und

b) dass diese Dispersion unabhängig ist von der Ansicht die man über die Richtung der Schwingungen gegen die Polarisationsebene sich bilden mag.

Denkt man sich für eine gegebene Wellenlänge die Gleichung

$$\mu' + \frac{\nu'}{\lambda^2} = 0$$

erfüllt, d. i. das Coordinatensystem ursprünglich so gewählt, dass es mit den Ellipsoidaxen zusammenfällt, so wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit Ω einer Welle, die parallel x vibrirt, durch

$$a' + \frac{d'}{\lambda^2} = \Omega^2$$

bestimmt; es ist aber $\frac{1}{\lambda^2} = -\frac{\mu'}{\nu'}$, folglich

$$a' - \frac{d'\mu'}{\nu'} = \Omega^2$$

und wenn τ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit

$$\lambda = \tau \sqrt{a' + \frac{d'\mu'}{\nu'}}.$$

Man kann auch auf einem anderen Wege zur Kenntniss des Werthes von θ gelangen. Durch die Transformation der Coordinaten des Ellipsoides sind die Punkte desselben auf die Hauptaxen bezogen worden, dabei aber sind die Molecularsummen immer noch im Sinne des ursprünglich willkürlichen Coordinatensystems ausgedrückt. Man kann nun von der Transformation der Molecularsummen ausgehen. Setzen wir zu dem Ende

$$\mu' + \frac{\nu'}{\lambda^2} = 0$$

und

so gibt dies

$$\mu' = \frac{m}{2} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^2 (\mathfrak{x} \cos\psi - \mathfrak{z} \sin\psi)(\mathfrak{x} \sin\psi + \mathfrak{z} \cos\psi)$$

$$\nu' = \frac{m\pi^2}{6} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^4 (\mathfrak{x} \cos\psi - \mathfrak{z} \sin\psi)(\mathfrak{x} \sin\psi + \mathfrak{z} \cos\psi)$$

und da das Summenzeichen sich auf ψ nicht bezieht

$$\mu' = \frac{m}{4} \sin 2\psi\, S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^2 (\mathfrak{x}^2 - \mathfrak{z}^2) + \frac{m}{2} \cos 2\psi\, S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^2 \mathfrak{x}\mathfrak{z}$$

$$\nu' = \frac{m\pi^2}{12} \sin 2\psi\, S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^4 (\mathfrak{x}^2 - \mathfrak{z}^2) + \frac{m\pi^2}{6} \cos 2\psi\, S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^4 \mathfrak{x}\mathfrak{z}$$

folglich

$$tg\, 2\psi = 2 \frac{S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^2 \mathfrak{x}\mathfrak{z} + \frac{1}{3}\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^4 \mathfrak{x}\mathfrak{z}}{S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^2 (\mathfrak{x}^2 - \mathfrak{z}^2) + \frac{1}{3}\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^4 (\mathfrak{x}^2 - \mathfrak{z}^2)}$$

ein Ausdruck, der vollkommen mit dem für $tg\, 2\vartheta$ gefundenen übereinstimmt.

Soll somit schon das ursprüngliche Coordinatensystem mit dem der Hauptschwingungsrichtungen übereinstimmen, so muss es so gewählt werden, dass

$$S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^2 x' z' + \frac{1}{3}\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} y'^4 x' z' = 0$$

ist. Da im rhombischen System beide Summen für sich gleich Null sind, so gibt es in demselben keine Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen; diese fallen vielmehr mit den Elasticitätsaxen zusammen.

Fassen wir zusammen was in diesem und dem vorigen Paragraphe bezüglich der unterscheidenden Merkmale des rhombischen und monoklinoëdrischen Systems gefunden wurde, so erhalten wir
im rhombischen System

$$\mu = \mu' = \mu'' = \nu = \nu' = \nu'' = 0$$

im monoklinoëdrischen Systeme

$$\frac{\mu}{\nu} = \frac{\mu'}{\nu'} = \frac{\mu''}{\nu''} = -\frac{1}{\lambda^2}$$

das ist

$$\frac{S\frac{d\varphi(r)}{r\,dr}x'z'x'^2}{S\frac{d\varphi(r)}{r\,dr}z''xx'} = \frac{S\frac{d\varphi(r)}{r\,dr}x'z'y'^2}{S\frac{d\varphi(r)}{r\,dr}x'z'y'^2} = \frac{S\frac{d\varphi(r)}{r\,dr}x'z'z'}{S\frac{d\varphi(r)}{r\,dr}x'z'z'^2} = -\frac{1}{3}\left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2$$

als Bedingung für die Richtung der Coordinatenaxen, auf dass die Hauptaxen der Polarisationsellipsoide in die Hauptschwingungsrichtungen entfallen. Es lässt sich bei der gänzlichen Unwissenheit, in der wir uns über die Function φ und folglich auch über die Summe S befinden, allerdings kein Beweis für die Möglichkeit dieser Relationen herstellen; aber derselben Unmöglichkeit begegnet man, wenn man von vorne herein Bedingungsgleichungen zwischen den Summen aufstellt durch welche die Elimination der Longitudinalcomponenten bewerkstelligt wird.

Man kann nun von dem Polarisationsellipsoide zu einem anderen Ellipsoid unmittelbar übergehen, dessen Halbaxen durch die Quadratwurzeln der Grössen

$$a' + \frac{d'}{\lambda^2} \quad b + \frac{e}{\lambda^2} \quad c' + \frac{f'}{\lambda^2}$$

bestimmt sind. Dies wird, ebenso wie im rhombischen System, der Berechnung der optischen Axen, der conischen Refraction u. s. w. zu Grunde gelegt werden können, nur ändert sich die Richtung der Axen x und z mit der Wellenlänge, da für jede Farbe ein anderer Winkel θ erforderlich ist, der die Grössen L_{III}, N_{III} auf die angegebene einfache Form reducirt.

Da die Hauptschwingungsrichtungen in der Symmetrieebene nicht mit den nothwendig schiefwinkeligen, von der Farbe unabhängigen Elasticitätsaxen zusammenfallen, so wählen wir für den Fall, als von der Grösse der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Vibrationen in den Hauptschwingungsrichtungen die Rede sein soll, den Ausdruck Hauptschwingungsaxen.

Je nachdem die Ebene der grössten und kleinsten Hauptschwingungsaxe mit der Symmetrieebene coincidirt oder nicht, werden die optischen Axen in der Symmetrieebene liegen oder nicht; im letzteren Falle können die ersten Mittellinien für alle Farben entweder in der Symmetrieebene liegen oder nicht, und es ergeben sich hieraus die in der Note Seite 391 angedeuteten drei verschiedenartigen Dispositionen der Ebenen der optischen Axen.

Obschon die Summen, unter welchen das Product $x'z'$ vorkommt, von der Null verschieden sind, so können sie doch im Vergleich

zu jenen welche blos Grössen der zweiten, vierten oder sechsten Potenz enthalten, niemals beträchtlich werden; erstens weil in ihnen neben additiven Grössen auch subtractive vorkommen und zweitens weil, wie auch immer die wirkliche Anordnung in monoklinoëdrischen Krystallen beschaffen sein mag, doch stets einem jeden Punkte ein Nebenpunkt bezüglich der Axen x und z nahezu entsprechen wird. Darum ist auch der Betrag der Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen in Krystallen von entschieden schiefwinkligem Charakter wenig verschieden von dem in Krystallen, die ein nahezu rechtwinkliges Parametersystem im Symmetrieschnitte zulassen. Datolith und Gyps sind sich in Bezug auf diese Dispersion höchst ähnlich, obschon über Datolith längere Zeit eine Discussion geführt werden konnte, welchem System er einzureihen sei, dem rhombischen oder dem monoklinoëdrischen [1]). Man wird daher keinen Fehler begehen, wenn man die Grössen μ' und ν' im Vergleiche zu a' und c', d' und f' sehr klein setzt. Auserdem wird auch μ' jedenfalls grösser als ν', $a'-c'$ grösser als $d'-f'$ ausfallen, denn in ν', $d'-f'$ ist jeder Summand mit der Grösse y'^4, in μ' $a'-c$ mit der Grösse y'^2 behaftet: da aber y' im allgemeinen kleiner als r, und r selbst eine sehr kleine Grösse ist, so müssen die Glieder mit höheren Potenzen von y' nothwendig beträchtlich kleiner sein. Man kann somit

$$\frac{1}{(a'-c')+\frac{2}{\lambda^2}(d'-f')} = \frac{1}{a'-c'}\left(1-\frac{d'-f'}{a'-c'}\cdot\frac{1}{\lambda^2}\right)$$

setzen und es wird

$$tg\,2\theta = 2\left(\mu'+\frac{\nu'}{\lambda^2}\right)\left(1-\frac{d'-f'}{a'-c'}\cdot\frac{1}{\lambda^2}\right)\frac{1}{a'-c'}$$
$$= 2\left\{\frac{\mu'}{a'-c'}+\frac{1}{\lambda^2}\left[\frac{\nu'(a'-c')-\mu'(d'-f')}{(a'-c')^2}\right]\right\}$$

Da nun die Dispersionswinkel der Beobachtung gemäss nur sehr geringe Differenzen für die verschiedenen Farben zeigen, so kann man, wenn das Coordinatensystem so gewählt worden, dass θ für die

---

[1]) Eigentlich hätte darüber kein Zweifel walten sollen, da das Charakteristische der Combinationshabitus ist; dieser lässt nie irren. Eine bemerkenswerthe und für eine künftige Theorie sehr wichtige Thatsache ist es aber immer, dass dem hemiprismatischen Combinationscharakter nirgends ein rechtwinkliges Parametersystem streng entspricht.

äusserste Grenze von Roth gleich Null ist, für die sämmtlichen Farben statt der Tangente in erster Näherung den Bogen setzen und hat dann, wenn

$$\frac{2\mu'}{a'-c'} = A, \frac{\nu'(a'-c') - \mu'(d'-f')}{(a'-c')^2} = \frac{B}{2}$$

genannt wird, für die verschiedenen Stellen des Spectrum die Transformationswinkel

$$\theta_1 = A + \frac{B}{\lambda_1^2} \quad \theta_2 = A + \frac{B}{\lambda_2^2} \ldots$$

was durch Elimination der Molecularconstanten zu der einfachen Relation

$$\theta_1 - \theta_2 : \theta_2 - \theta_3 : \theta_3 - \theta_4 : \ldots = \frac{1}{\lambda_1^2} - \frac{1}{\lambda_2^2} : \frac{1}{\lambda_2^2} - \frac{1}{\lambda_3^2} : \frac{1}{\lambda_3^2} - \frac{1}{\lambda_4^2} : \ldots$$

führt, welche zeigt, dass die Dispersionswinkel in erster Approximation demselben Gesetze folgen wie die Brechungsexponenten und die Rotationswinkel circular polarisirender Substanzen.

Diese Relation kann mit der Beobachtung verglichen werden, und wir hoffen bald in der Lage zu sein, die betreffenden Untersuchungen anzustellen.

Führt man die Bögen statt der trigonometrischen Functionen in 5) ein, indem man die Quadrate von θ vernachlässigt, so erhält diese Gleichung die Form

$$x^2\left[a' + \mu'\theta + \frac{d' + \nu'\theta}{\lambda^2}\right] + y^2\left(b' + \frac{c'}{\lambda^2}\right) + z^2\left[c' + \mu'\theta + \frac{f' - \nu'\theta}{\lambda^2}\right] = 1$$

Sie kann in dieser Form in erster Approximation zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der parallel mit der Symmetrieebene schwingenden Wellen dienen.

Es ist zu bemerken, dass die beiden mit $\frac{1}{\lambda^2}$ multiplicirten Glieder im Ausdrucke von $tg\ 2\theta$ die Bedeutung

$$\nu' = \frac{1}{6} m\pi^2 S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} x' z' y'^4$$

$$d' - f' = \frac{m\pi^2}{6} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} (x'^2 - z'^2$$

haben, d. i. dass sie Glieder der sechsten Ordnung sind. Nun ist nach dem, was §. 1 und §. 2 bemerkt worden,

$$\frac{d\varphi(r)}{dr} = \Psi(r) - F(r)$$

wo $\psi(r)$ den perturbirenden Einfluss der Körpertheilchen ausdrückt und $F(r)$ nicht mehr mit den höheren Gliedern der Entwicklung von $\Delta\xi$ behaftbar ist, da im freien Äther die beiden ersten Glieder genügen.

Es folgt hieraus, dass die Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen blos auf Rechnung der Perturbationen kommt, welche durch die ruhenden Körperatome in den Bewegungen der Aetheratome bewirkt werden.

Ångström findet Act. Ups. 14, 353 für den Winkel zwischen einer Elasticitätsaxe und einer Hauptschwingungsrichtung in der Symmetrieebene den Ausdruck

$$tg\, 2\alpha_1 = \frac{\mu^2 \sin 2\alpha}{\nu^2 + \mu^2 \cos 2\alpha}$$

α ist hier gleichbedeutend mit unserem θ,

α der Winkel den die conjugirten Elasticitätsaxen in der Symmetrieebene unter einander einschliessen;

$$\mu^2 = Sm \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta y^2 \Delta z^2}{2}$$

$$\nu^2 = Sm \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta x^2 \Delta y^2}{2}$$

(bei Ångström ist z der Symmetrieaxe parallel, bei uns y; wir schreiben die Formeln wie sie unserm Coordinatensystem entsprechen).

Setzen wir nun den Fall, unsere Axe x falle mit einer der Elasticitätsaxen zusammen, so ist

$$x' = \Delta x + \Delta z \,.\, \cos\alpha$$
$$z' = \Delta z \sin\alpha.$$

Nun ist für uns

$$\mu' = \frac{1}{2} m S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \Delta y^2 (\Delta x + \Delta z \cos\alpha) \Delta z \sin\alpha$$

$$a' - c' = \frac{1}{2} m S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \Delta y^2 \left([\Delta x + \Delta z \cos\alpha]^2 - [\Delta z \,.\, \sin\alpha]^2\right)$$

Berücksichtigt man, dass jede Summe welche das Product $\Delta x\,\Delta z$ enthält, Null ist, sobald x und z die Richtungen der Elasticitätsaxen bezeichnen, so wird

$$\mu' = \frac{1}{2} m S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta z^2 \Delta y^2}{2} . \sin 2\alpha$$

$$a' - c' = \frac{1}{2} m S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \left(\Delta x^2 + \Delta z^2 \cos 2\alpha\right) \Delta y^2$$

folglich

$$\frac{2\mu'}{a' - c'} = \frac{S m \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta z^2 \Delta y^2}{2} \sin 2\alpha}{S m \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta x^2 \Delta y^2}{2} + S m \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta z^2 \Delta y^2}{2} \cos 2\alpha}$$

Man sieht dass Ångström's Formel genau die unsre ist, in der die Dispersionsglieder vernachlässigt wurden.

Berücksichtigt man die Dispersion, so erhält man unter der Voraussetzung schiefwinkliger Elasticitätsaxen

$$tg\,2\theta = \frac{\left(\frac{1}{2} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} . \frac{\Delta z^2 \Delta y^2}{2} + \left(\frac{\pi}{\lambda^2}\right)^2 \frac{1}{6} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} \frac{\Delta z^2 \Delta y^4}{2} .\right) \sin 2\alpha}{\frac{1}{2} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} (\Delta x^2 + \Delta z^2 \cos 2\alpha) \Delta y^2 + \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 \frac{1}{6} S \frac{d\varphi(r)}{r\,dr} (\Delta x^2 + \Delta z^2) \cos 2\alpha \Delta y^4}$$

und es ist ersichtlich, nach welchem Gesetze die Zusatzglieder dieser Formel gebildet werden müssten, falls in der Entwiklung von $\Delta\xi$ über das sechste Glied hinausgegangen würde.

Da die Anordnung der Aethertheilchen von der Anordnung der wägbaren Atome und diese von der Temperatur abhängig ist, so muss nothwendig auch der Dispersionswinkel diese Abhängigkeit theilen und es wird, da die Grössen

$$\mu',\ \nu',\ (a' - c'),\ (d' - f')$$

im allgemeinen nicht nach gleichen Verhältnissen sich ändern, auch der Einfluss der Erwärmung für verschiedene Farben ein verschiedener sein.

6. Im diklinoëdrischen System verschwinden die Summen $SA\,x'^m\,y'^n\,z'^p$, in welchen

$$m + n + p \quad \text{ungerade}$$

oder $m + n + p$ gerade, aber m und n ungerade und p gerade ist.

Im triklinoëdrischen System verschwinden nur die Summen, in denen

$$m + n + p \quad \text{ungerade}$$

ist. Ohne die Summen, welche durch diese successive Lösung der Symmetrie in ihrem Bestehen erhalten werden, einzeln aufzuführen, ist es an sich klar, dass die Gleichung des Polarisationsellipsoides die Form

$$\begin{aligned}
&+ x^2\left[f_1(u,v,w,S) + \frac{1}{\lambda^2}F_1(u,v,w,S)\right] + y^2\left[f_1(u,v,w,S)\right.\\
&\qquad\left. + \frac{1}{\lambda^2}F_2(u,v,w,S)\right]\\
&+ z^2\left[f_2(u,v,w,S) + \frac{1}{\lambda_2}F_2(u,v,w,S)\right] + 2yz\left[\varphi_1(u,v,w,S)\right.\\
&\qquad\left. + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_1(u,v,w,S)\right]\\
&+ 2zx\left[\varphi_2(u,v,w\,S_1) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_2(u,v,w,S)\right] + 2xy\left[\varphi_3(u,v,w,S)\right.\\
&\qquad\left. + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_3(u,v,w,T)\right] = 1
\end{aligned}$$

erhält, wo im allgemeinen keine der mit f, F, φ, Φ, bezeichneten Functionen durch die Hypothesen $u = 1$, oder $v = 1$ der Null gleich wird.

Man kann aber die Coordinaten immer so transformiren, dass

$$\varphi_1(1,0,0,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_1(1,0,0,S) = 0$$

$$\varphi_2(1,0,0,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_2(1,0,0,S) = 0$$

$$\varphi_3(1,0,0,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_3(1,0,0,S) = 0$$

$$\varphi_1(0,1,0,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_1(0,1,0,S) = 0$$

$$\varphi_2(0,1,0,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_2(0,1,0,S) = 0$$

$$\varphi_3(0,1,0,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_3(0,1,0,S) = 0$$

$$\varphi_1(0,0,1,S) + \frac{1}{\lambda^2}\Phi_1(0,0,1,S) = 0$$

$$\varphi_2\,(0,0,1,\,S) + \frac{1}{\lambda^2}\,\Phi_2\,(0,0,1,\,S) = 0$$

$$\varphi_3\,(0,0,1,\,S) + \frac{1}{\lambda^2}\,\Phi_3\,(0,0,1,\,S) = 0$$

wird. Durch diese und die drei Gleichungen, welche die Bedingung aussprechen, dass das neue Coordinatensystem rechtwinklig sein muss, erhält man (wenn x, y, z das alte und X, Y, Z das neue den Hauptaxen des Ellipsoids parallele Coordinatensystem ist) die Bögen

$$xX,\ xY,\ xZ,\ yX,\ yY,\ yZ,\ zX,\ zY,\ zZ$$

als Functionen der Wellenlänge und der verschiedenartigen die Molecularfunctionen in sich schliessenden Summen. Da man auch hier (wegen der erfahrungsmässig sehr geringen Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen in den Krystallen der unsymmetrischen Systeme) die ursprünglichen Coordinatenaxen so gewählt denken kann, dass für eine bestimmte Wellenlänge die Hauptschwingungsrichtungen mit den Coordinatenaxen zusammenfallen und für die übrigen Wellenlängen die Bögen den trigonometrischen Functionen derselben substituirt werden können; da ferner die höheren Potenzen von $\frac{1}{\lambda^2}$ vernachlässigt werden, so tritt auch jeder dieser Bögen in der Form

$$P + \frac{Q}{\lambda^2}$$

auf. Es werden somit, da die Zahl der aus den oben geschriebenen Gleichungen bestimmbaren Bögen 6 beträgt, die Coëfficienten von x^2, y^2, z^2 von der Form

$$L = (a+b) + A\psi_1 + B\psi_2 + C\psi_3 + D\psi_4 + E\psi_5 + F\psi_6$$
$$+ \frac{1}{\lambda^2}\left[(e+f) + A'\psi_1 + B'\psi_2 + C'\psi_3 + D'\psi_4 + E'\psi_5 + F'\psi_6\right]$$

also vorherrschend die charakteristischen Summen des rhombischen Systems, modificirt durch kleine der Dispersion der Hauptschwingungsrichtungen entsprechende Zuwachsglieder. Diese Form macht es möglich die Erscheinungen, welche Platten zeigen, die rechtwinklig gegen die optische Mittellinie geschnitten sind, so wie die Phänomene der konischen Refraction, auf einfache Weise zu berechnen, da es sich nur darum handelt, die der Dispersion der

Hauptschwingungsaxen entsprechenden kleinen Zusatzglieder den bekannten, für rhombische Krystalle entwickelten Formeln einzufügen.

Man sieht endlich, dass in optischer Beziehung, insofern wir nur die allgemeine Form der Erscheinungen berücksichtigen, kein Unterschied zwischen diklinoëdrischen und triklinoëdrischen Krystallen besteht. Die Theorie, wie die Beobachtung zeigt, dass in den optisch zweiaxigen Systemen nur folgende Kategorien unterschieden werden können:

a) Drei schiefwinklige Elasticitätsaxen: sämmtliche Hauptschwingungsrichtungen dispergirt (triklinoëdrisches System).

b) Zwei schiefwinklige Elasticitätsaxen, die dritte normal auf der Ebene der beiden ersten: zwei von den Hauptschwingungsrichtungen in der Ebene der schiefen Elasticitätsaxen dispergirt, die dritte für alle Farben in der Richtung der normalen Elasticitätsaxe (monoklinoëdrisches System).

c) Drei rechtwinklige Elasticitätsaxen: die Hauptschwingungsrichtungen in Coincidenz mit den Elasticitätsaxen, somit keine Dispersion derselben (rhombisches System).

Isomorphie und optische Orientirung.

1. Wir wollen in diesem Abschnitte diejenigen Thatsachen zusammenordnen, welche einen Einblick in die gegenseitige Relation zwischen Form, Substanz und optischem Verhalten gestatten. Strenge genommen können hiezu vorerst nur die Beobachtungen an isomorphen Körpern dienen; bevor wir dieselben jedoch aufzählen, wollen wir zwei andere Thatsachen erwähnen, die für den Schluss, zu welchem wir führen wollen, von Wichtigkeit sind.

2. Aus Mitscherlich's Messungen am Aragonit [1]) bei gewöhnlicher und höherer Temperatur ergibt sich für ein Temperaturintervall von 100° C.

$$a : b : c = 1 : 0{\cdot}7208 : 0{\cdot}6225,$$
$$a_{,} : b_{,} : c_{,} = 1 : 0{\cdot}7220 : 0{\cdot}6217$$

[1]) Pogg. 10, 144.

Nennt man a, $\bar{b}$, $\bar{c}$ die Ausdehnungs-Coëfficienten, so erhält man unter der Berücksichtigung der Angabe Kopp's [1]) für die kubische Ausdehnung (0·000065 für 1° C.) nach den Formeln

$$a_{,} = a(1 + \bar{a}t),\ b_{,} = b(1 + \bar{b}t),\ c_{,} = c(1 + \bar{c}t)$$
$$\bar{a} + \bar{b} + \bar{c} = 0{\cdot}00010$$

folgende Werthe für die Ausdehnungs-Coefficienten

$$\bar{a} = 0{\cdot}000020 \quad \bar{b} = 0{\cdot}000035 \quad \bar{c} = 0{\cdot}000010.$$

Rudberg [2]) hat die Brechungsexponenten bei höherer Temperatur mit denen bei gewöhnlicher verglichen. Er fand für die Linie *F* (wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in der Luft = 1 und die der Schwingungen im Krystall = a, b, c gesetzt wird)

	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{b}$	$\frac{1}{c}$
bei 16° C.	1·53478	1·69058	1·69510
„ 80° C.	1·53416	1·69876	1·69421

also
$$a : b : c = 1 : 0{\cdot}90784 : 0{\cdot}90542$$
$$a_{,} : b_{,} : c_{,} = 1 : 0{\cdot}90710 : 0{\cdot}90553$$

Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Luft eine unveränderliche Einheit gibt, insofern sämmtliche Brechungsexponenten auf die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft bei gewöhnlicher Temperatur reducirt sind, so kann man aus diesen Beobachtungen die Werthe der Accelerations-Coëfficienten $\bar{a}$, $\bar{b}$, $\bar{c}$ aus

$$a_{,} = a(1 + \bar{a}t) \quad b_{,} = b(1 + \bar{b}t) \quad c_{,} = c(1 + \bar{c}t)$$

bestimmen und findet

$$\bar{a} = 0{\cdot}000065 \quad \bar{b} = 0{\cdot}000077 \quad \bar{c} = 0{\cdot}000085$$

Das Schema der optischen Orientirung des Aragonits ist aber

$$c\ \underline{a}\ b$$

---

[1]) Lieb. und Kopp's Jahresbericht 1851, 55.
[2]) Pogg. 26, 300.

d. i. die grösste Elasticitätsaxe fällt mit der mittlern Krystallaxe, die kleinste Elasticitätsaxe mit der grössten Krystallaxe zusammen. Man hat somit, wenn man die der Richtung nach einander entsprechenden Coëfficienten unter einander schreibt:

für die Ausdehnung durch die Wärme . .	20	35	10
„ „ Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Lichtvibrationen	47	41	54

Dem grössten Ausdehnungs-Coëfficienten entspricht somit zwar der kleinste Beschleunigungs-Coëfficient; doch in den andern Richtungen findet keine entsprechende Beziehung statt, da der kleinste Ausdehnungs-Coëfficient jener Richtung entspricht, in welcher der mittlere Zuwachs der Elasticität, und der mittlere Ausdehnungs-Coëfficient jener Richtung, in welcher der grösste Zuwachs der Elasticität sich zeigt. Hieraus geht hervor, dass zwischen den Änderungen, welche die Wärme in den Dimensionen des Krystalls und der Elasticität des Äthers bewirkt, keine einfache Beziehung stattfindet.

3. Es ist eine Anzahl von Krystallen bekannt, in welchen die Ebenen der optischen Axen für verschiedene Farben sich kreuzen. Diese sind

a) im rhombischen Systeme.

Weinsaures Natron-Ammoniakkali. Sénarmont[1]) liess das Kali und Ammoniaksalz in variablen Mengen zusammen krystallisiren; da in beiden die Differenz der Axen für verschiedene Farben sehr beträchtlich ist, sie also eine bedeutende Dispersion der optischen Axen besitzen und ausserdem die Elasticitätsaxen ganz abweichend orientirt sind, so war es möglich, solche Verhältnisse der Mischung herzustellen, in welchen die Individuen für eine mittlere Farbe einaxig, für die übrigen aber zweiaxig erscheinen, und zwar so, dass sich die Axenebenen für roth und violet kreuzten.

Brookit[2]) absorbirt das violete Ende des Spectrums bei einiger Dicke vollständig, zeigt aber schon im rothen und grünen Licht den vollständigsten Gegensatz. Die erste Mittellinie ist zwar für alle Farben normal auf der Richtung des herrschenden Pinakoids und entspricht immer der kleinsten Elasticitätsaxe; für rothes Licht

[1]) Annales de phys. et de chim. 1851. 33, 425.

[2]) Sitzb. d. k. Ak. 27, 10.

aber liegt die grösste Elasticitätsaxe rechtwinklig, für grünes parallel zur Streifung der Platten.

Mellithsaures Ammoniak[1]). Die rasch verwitternde Substanz ist bei gewöhnlicher Temperatur einaxig für grünes, zweiaxig für alles übrige Licht; die Axenebenen sind so gekreuzt, dass die kleinste Elasticitätsaxe für roth in die Makrodiagonale, für violet in die Brachydiagonale des Krystalles entfällt. Die grösste Elasticitätsaxe hat für alle Farben dieselbe Richtung und entspricht der Axe des herrschenden Prisma. Wir versuchten, da die Krystalle höhere Temperatur nicht vertragen, sie bis zu — 10° abzukühlen, ohne jedoch eine merkliche Änderung wahrzunehmen.

b) Im monoklinoëdrischen Systeme.

Glauberit ist nach Brewster[2]) von 0° bis 30° durchaus zweiaxig und die Axenebenen stehen rechtwinklig zur Symmetrieebene. Zwischen 30° und 35° wird der Axenwinkel gleich Null der Reihe nach für die einzelnen Farben, jenseits 35° sind sämmtliche Axenebenen in der Symmetrieebene und der Axenwinkel wächst fortan. Da die ersten Mittellinien (nach Descloizeaux[3]) die grösste Elasticitätsaxe) immerfort in der Symmetrieebene bleiben, so ist bei 33° die kleinste Elasticitätsaxe für roth in der Symmetrieebene, für violet in der Symmetrieaxe und die Axenebenen für beide Farben kreuzen sich in der Symmetrieebene.

Gyps zeigt nach Mitscherlich[4]) ähnliche Verhältnisse; nur liegen hier bei gewöhnlicher Temperatur sämmtliche Axen in der Symmetrieebene, und der Winkel derselben nimmt durch Erwärmung ab, bis er der Reihe nach für alle Farben durch Null geht und endlich alle Axenebenen normal zur Symmetrieebene geordnet sind. Dabei bleibt die kleinste Elasticitätsaxe fortwährend in der Symmetrieebene und es sind die grössten Elasticitätsaxen, welche bei der mittleren Übergangstemperatur so orientirt sind, dass die Axe für rothes Licht noch in der Symmetrieebene ist, während die für violetes Licht schon in die Symmetrieaxe entfällt. Bei Glauberit wird daher durch die Erwärmung die kleinste und mittlere, bei Gyps die mittlere und grösste vertauscht.

---

[1]) Sitzb. d. k. Ak. 27, 48.
[2]) Pogg. 21, 607; 27, 480.
[3]) Ann. des mines, 11.
[4]) Pogg. 8, 520.

Chromsaures Magnesia-Ammoniak[1]) zeigt schon bei gewöhnlicher Temperatur die Dispersion der Ebenen der optischen Axen in zwei auf einander rechtwinkligen Richtungen in hohem Grade. Denn während bei Gyps und Glauberit im Momente der Durchkreuzung der Axenwinkel für alle Farben nur sehr klein ist, schliessen hier die optischen Axen für rothes Licht (in der Ebene rechtwinklig zur Symmetrieebene), so wie die für grünes Licht (in der Symmetrieebene) einen bedeutenden Winkel ein; der scheinbare Winkel für die eine wie für die andere Farbe ist gewiss nicht unter 30°. Für gelbes Licht ist der Krystall einaxig.

Descloizeaux hat, nach einer schriftlichen Mittheilung die wir ihm danken, noch an einer andern monoklinoëdrischen Substanz diese Kreuzung der Axenebenen beobachtet.

Da nach dem, was im vorigen Abschnitte besprochen worden, die Dispersion durchwegs auf Rechnung des perturbirenden Einflusses kommt, den die ruhenden Körpertheilchen auf die Bewegung der schwingenden Äthertheilchen nehmen, dieselbe also zunächst von der Elasticität des Äthers unabhängig ist, so sollte man wohl die Benennung Elasticitätsaxen auch bei rhombischen Krystallen nur auf den Fall anwenden, wo die Axenebenen sich nicht durchkreuzen. Es ist deutlich und bemerkenswerth, wie in den hier aufgezählten Krystallen die eigentlichen Elasticitätsverhältnisse des bewegten Äthers durch die Wirkungen der ruhenden Körpertheilchen völlig gedeckt werden. Denn es ist allerdings möglich, und den Beobachtungen nach sogar höchst wahrscheinlich, dass durch die Erwärmung die Elasticitätsaxen des Äthers in ihrer absoluten wie relativen Grösse afficirt werden können; aber dabei bleibt noch immer die Erscheinung, dass der Übergang der kleinsten in die mittlere oder der mittleren in die grösste Elasticitätsaxe für verschiedene Farben nicht gleichzeitig geschieht, blos aus den Verhältnissen des Äthers unerklärlich. Es ändert auch nichts, wenn wir alles auf Bewegung reduciren, und das was man als Elasticitätsaxe definirt, nur als die Erfüllung bestimmter Bedingungen in einem bewegten System auffassen. Da nun aber die Stabilität des Krystallganzen in den beobachteten Substanzen weit grösser ist, insofern die Ausdehnung durch die Wärme bei den geringen Winkeländerungen gewiss keinen Umtausch in den rela-

[1]) Sitzb. d. k. Ak. 27.

tiven Grössen der Elasticitätsaxen der ponderablen Materie hervorruft, so muss das System, von dessen Bewegungen die beschriebenen optischen Phänomene abhängen, nothwendig andere Bedingungen in sich tragen als das Molecularsystem, welches den Krystall constituirt und die abnorme Form jener Bewegungen bedingt. Es ist übrigens bemerkenswerth, dass von den aufgezählten Substanzen das mellithsaure Ammoniak schon bei gewöhnlicher, Gyps, Glauberit, chromsaures Magnesia-Ammoniak und weinsaures Natron-Kali-Ammoniak bei erhöhter Temperatur zerlegt wird; Brookit aber die rhombische Form der Titansäure ist und bekanntlich alle bis jetzt in der Paramorphose beobachtete Substanzen ein Streben aus der minder symmetrischen in die mehr symmetrische Form überzugehen zeigen [1]). Dies alles deutet auf eine geringere Stabilität der chemischen Constitution, also auch des complexen Molecüls.

Wir glauben, dass der eigentliche Grund dieser Erscheinungen sich folgendermassen darstellen lässt. Die Richtung der Elasticitätsaxen des Äthers, so wie ihre Grösse ist von der Wellenlänge unabhängig. Fresnel's Darstellung genügt zwar dadurch, dass in ihr die Bewegungen der benachbarten Ätherpartikel während der Verschiebung eines einzelnen unberücksichtigt bleiben, nicht allen Anforderungen einer strengen Analyse; es ist aber gar kein Grund anzunehmen, dass bei der Berücksichtigung der Bewegungen der Ätherpartikeln die Wellenlänge in den Ausdruck für die Elasticität des Äthers eintreten sollte [2]). Die Elasticitätsaxen sind jene Richtungen, in welchen der durch die Verschiebung geweckte Widerstand in die Richtung der Verschiebung selbst fällt; als die Grösse derselben

---

[1]) Monoklinoëdrischer Schwefel geht allmählich in rhombischen, rhombisches Quecksilberjodid in tetragonales über; rhombischer Aragonit verwandelt sich durch Erwärmung in rhombischen Calcit. Es ist darum zu vermuthen, dass durch directe Einwirkung Graphit in Diamant verwandelt werden kann aber nicht das umgekehrte, Brookit in Anatas oder Rutil aber nicht das umgekehrte. Es scheint somit, dass unter den zwei Krystallformen die eine Substanz annehmen kann, die mehr symmetrische das stabilere Molecularsystem charakterisirt.

[2]) In der strengeren Darstellung Mac Cullagh's ist der Beleg für den obigen Satz gegeben. Cauchy, der sowohl unter der Annahme der Ruhe der benachbarten Ätherpartikeln, als auch bei Berücksichtigung ihrer Theilnahme an der Bewegung die allgemeinen Bewegungsgleichungen abgeleitet, kommt zu dem gleichen Schluss.

kann man den Widerstand bezeichnen, der bei gleicher Verschiebung geweckt wird. Nun ist offenbar beides, Richtung und Grösse abhängig von der statischen Beschaffenheit des Mediums, d. i. von der Anordnung der Theilchen und den Kräften, die sich in der Ruhelage des Systems gegenseitig das Gleichgewicht halten. Die Elasticitätsaxen können somit in keiner Beziehung zur Wellenlänge stehen. Die Dispersionsglieder werden erst durch die Änderung der Stellung der schwingenden Ätherpartikel gegen die ruhenden Körperatome geweckt. Es ist nach dem vorhergehenden Abschnitte leicht zu zeigen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Wellen die in den Hauptschwingungsrichtungen vibriren, durch Glieder von der Form

$$a + \frac{a'}{\lambda^2}, \; b + \frac{b'}{\lambda^2}, \; c + \frac{c'}{\lambda^2}$$

gemessen wird, wo a, b, c sich auf die Elasticität des Äthers sowohl als auch auf die perturbirende Wirkung der ruhenden Körpertheilchen, a', b', c' allein auf die die Bewegung modificirende Einwirkung der Körpertheilchen bezieht. Setzen wir nun den Fall des mellithsauren Ammoniaks: wenn wir hier durch $\mathfrak{a}_\rho$, $\mathfrak{b}_\rho$, $\mathfrak{c}_\rho$ die Elasticitätsaxen nach dem bisherigen Sprachgebrauch für rothes, durch $\mathfrak{a}_\nu$, $\mathfrak{b}_\nu$, $\mathfrak{c}_\nu$ für violetes Licht (wo $\mathfrak{a} > \mathfrak{b} > \mathfrak{c}$) bezeichnen, so ist offenbar (da die a, b, c bestimmten, von der Farbe unabhängigen Richtungen entsprechen)

$$\mathfrak{a}_\rho = a + \frac{a'}{\lambda^2_\rho} \qquad \mathfrak{a}_\nu = a + \frac{a'}{\lambda^2_\nu}$$

$$\mathfrak{b}_\rho = b + \frac{b'}{\lambda^2_\rho} \qquad \mathfrak{c}_\nu = b + \frac{b'}{\lambda^2_\nu}$$

$$\mathfrak{c}_\rho = c + \frac{c'}{\lambda^2_\rho} \qquad \mathfrak{b}_\nu = c + \frac{c'}{\lambda^2_\nu}$$

da $\mathfrak{b}_\rho > \mathfrak{c}_\rho$, $\mathfrak{b}_\nu > \mathfrak{c}_\nu$ so ist auch

$$b + \frac{b'}{\lambda^2_\rho} > c + \frac{c'}{\lambda^2_\rho} \qquad c + \frac{c'}{\lambda^2_\nu} > b + \frac{b'}{\lambda^2_\nu}$$

oder

$$\frac{c' - b'}{\lambda^2_\nu} > b - c > \frac{c' - b'}{\lambda^2_\rho}$$

d. i. die Differenz zwischen den beiden (wahren) Elasticitätsaxen ist so klein, dass die Differenz der Wellenlänge einen Umsturz in

der Lage der Ebenen der optischen Axen bewirken kann. Dem entspricht auch die Beobachtung, welche eine sehr geringe Doppelbrechung bei beträchtlicher Dispersion nachweist [1]).

Sobald b—c und b'—c' wächst, so nimmt der Einfluss der Wellenlänge auf die relative Ordnung der Grössen ab; nun ist aber b—c, b'—c' nothwendig von der Anordnung und Distanz der Ätherntheilchen sowohl, als auch der Körpertheilchen abhängig; folglich muss die Temperatur Einfluss auf die Stellung der Ebenen der optischen Axen nehmen.

Es ist jedenfalls zu beachten, dass eine Kreuzung dieser Ebene immer nur bei Krystallen beobachtet wird, welche geringe Doppelbrechung und beträchtliche Dispersion besitzen, d. i. wo b—c (oder a—b) und b'—c' (oder a'—b') einen geringen Betrag haben; ist aber selbst die Doppelbrechung kräftiger (wie z. B. in den Platincyanverbindungen), so kann durch eine entsprechende Abnahme von (b'—c') immer noch eine beträchtliche Dispersion der optischen Axen, wenn auch keine Kreuzung der Ebenen derselben bewirkt werden. Im Natriumkaliumplatincyanur ist die Doppelbrechung sehr gering; darum auch nahezu schon das Verhältniss des Glauberit hergestellt.

4. Wir führen nun die isomorphen Gruppen der Reihe nach auf, für welche die Orientirung der optischen Verhältnisse bekannt geworden ist; wir befolgen dabei dieselbe Reihenordnung, welche in dem Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie von Buff, Kopp und Zamminer eingehalten worden.

1. Gruppe. Schwefel, Selen, Mangan, Chrom [2]).

Die optische Untersuchung ist noch sehr dürftig. Die bekannten correspondirenden Beobachtungen gehören drei von den sechs bis jetzt festgestellten isomorphen Reihen an.

---

[1]) Sitzb. 27, 50.

[2]) In der folgenden Aufzählung sind die Angaben von Sénarmont (Ann. de phys. et chim. 33, 425) und Descloizeaux (Annales des mines XI, 261) benützt, wo unsere eigenen Beobachtungen (Sitzb. 27, 3 und 31, 85) nicht ausreichten. Die Orientirung der ersten Reihe der Acetate und der zweiten und dritten Reihe der Sulphate der zweiten Gruppe, so wie der Doppelverbindungen der zwölften Gruppe ist der im dritten Abschnitte dieser Untersuchungen enthaltenen Arbeit von Murmann und Rotter entnommen.

Erste Reihe. $KO,\mathfrak{S}O_3$. Rhombisch. $a:b:c = 1:0{\cdot}7:0{\cdot}5$ [1]).

$\mathfrak{S}$ =	S	Cr.
Orientirung	açb	acb
Scheinbarer Axenwinkel	100° 52′	92°

Die Elasticitätsaxen sind zwar gleich orientirt, der wirkliche Axenwinkel aber bei der chromsauren Verbindung um so viel grösser, dass die ersten Mittellinien vertauscht erscheinen.

Zweite Reihe. $MgO,\mathfrak{S}O_3 + 7HO$. Rhombisch. $a:b:c = 1:0{\cdot}99:0{\cdot}57$.

$\mathfrak{S}$ =	S	Cr.
Orientirung	acb	acb
Scheinbarer Axenwinkel	78°40′	70°

Dritte Reihe. $MgO,AmO,2\mathfrak{S}O_3 + 6HO$. Monoklinoëdrisch. $a:b:c = 0{\cdot}7$ bis $0{\cdot}8:1:0{\cdot}48$. $ac = 71$ bis 73°.

$\mathfrak{S}$ = S, Cr. In beiden ist die erste Mittellinie nicht beträchtlich von der Normale des Klinopinakoides abweichend. Aber während im schwefelsauren Salze die optischen Axen für alle Farben in die Symmetrieebene entfallen, sind im chromsauren Salze die Axen für rothes Licht in einem zur Symmetrieebene normalen Schnitt, und nur die für grünes befinden sich in der Symmetrieebene. Für gelb ist der Krystall demnach scheinbar einaxig.

2. Gruppe. Magnesia, Mangan, Eisen, Nickel, Kobalt, Zink, Calcium Kupfer, Kadmium.

Fluoride. 3 $(RFl,SiFl_2) + HO$. Rhomboëdrisch. Die Kobalt- und Nickelverbindung negativ.

Chloride. Von den vier bekannten isomorphen Reihen sind correspondirende optische Beobachtungen aus einer einzigen bekannt.

---

[1]) Da sich die Orientirung (das Schema der Elasticitätsaxen) auf die Krystallaxen bezieht, indem die Elasticitätsaxen in der Folge aufgezählt werden, in welcher sie der Richtung der grössten mittleren und kleinsten Krystallaxe entsprechen, so setzen wir die Krystallaxen bei, jedoch nur in mittleren Werthen, da bekanntlich die einzelnen Glieder einer isomorphen Reihe nicht vollständig in ihren relativen Dimensionen übereinstimmen.

Es sind die Doppelchloride von der Form RCl + 2CdCl + 12HO. Rhombisch $a : b : c = 1 : 0{\cdot}9 : 0{\cdot}3$.

R =	Mg	Co	Ni
Orientirung	$a\underline{b}\dot{c}$	$a\underline{b}\dot{c}$	$a\underline{b}\dot{c}$

Der scheinbare Axenwinkel ist nach einer Schätzung am grössten in der Magnium-, am kleinsten in der Nickelverbindung.

Sulphate. Unter den acht bekannten isomorphen Reihen sind drei mit correspondirenden optischen Beobachtungen.

Erste Reihe. $RO,SO_3 + 7HO$. Rhombisch; $a : b : c = 1 : 0{\cdot}99 : 0{\cdot}5$

R =	Mg	Zn	Ni,Zn	Ni
Orientirung	$\underline{a}cb$	$\underline{a}cb$	$\underline{a}cb$	$\underline{a}cb$
Scheinbarer Axenwinkel .	79°	71° 20′	65° 15′	64° 12′
Wirklicher Axenwinkel .	50° 52′	44° 2′		42° 4′

Zweite Reihe [1]). $RO,KO,2SO_3 + 6HO$. Monoklinoëdrisch. $a : b : c = 0{\cdot}7 : 1 : 0{\cdot}5$. $ac = 72—75°$.

R =	Mg	Fe	Ni
Orientirung (001) $\underline{b}\dot{c}$ = . .	89°	86°	84° 34′
Scheinbarer Axenwinkel . .	74° 2′	111° 56′	131° 45′
Wirklicher Axenwinkel . .	48° 21′	68° 4′	75° 36′

R =	Co	Zn	Cu
Orientirung (001) $\underline{b}\dot{c}$ = . .	85° 19′	85° 17′	94° 23′
Scheinbarer Axenwinkel . .	110° 10′	114° 14′	76° 12′
Wirklicher Axenwinkel . . .	66° 56′	69° 5′	48° 53′

Dritte Reihe. $RO,AmO,2SO_3 + 6HO$. Isomorph der vorigen Reihe $ac = 72—74°$.

R =	Mg	Mn	Fe	Ni
Orientirung (001) $\underline{b}\dot{c}$ = . .	78° 0′	81° 34′	82° 35′	79° 2′
Scheinbarer Axenwinkel . .	77° 30′	113° 45′	135° 42′	00° 00′
Wirklicher Axenwinkel . . .	50° 23′	69° 9′	76° 52′	86° 26′

---

[1]) Wir bedienen uns zur Bezeichnung der Orientirung derselben Schemata, welche die Herren Murmann und Rotter in ihrer oben citirten Arbeit über die opt. Verhältnisse monoklinoëdrischer Krystalle gebrauchen.

R =	Co	Zn	Cu
Orientirung (001) bç = . .	78° 0′	81° 20′	(001) ba = 2° 33′
Scheinbarer Axenwinkel . .	155° 12′	141° 45′	121° 39′
Wirklicher Axenwinkel . . .	81° 39′	78° 35′	71° 21′

Carbonate. Eine einzige Reihe RO,CO_2; ausser dem Kalkspath keines der Glieder bisher näher studirt, doch sind alle optisch negativ. Das isomorphe NaO,NO_5 zeigt schwächere mittlere Brechung und fast gleiche Doppelbrechung; es ist nämlich

	NaO,NO_5	CaO,CO_2	
$\frac{\mu_\omega + \mu_\varepsilon}{2}$ =	1·461	1·572	Differenz = 0·111
$\frac{\mu_\omega}{\mu_\varepsilon}$ =	1·180	1·116	Differenz = 0·064.

Acetate. Aus sämmtlichen drei isomorphen Reihen liegen correspondirende Beobachtungen vor.

Erste Reihe. $RO,AcO_3 + 4HO$. Monoklinoëdrisch. $a : b : c$ = 0·7 : 1 : 0·4 . ac = 85—86°.

R =	Mg	Co
Orientirung (001) ba = ...	132° 34′	121° 55′
Scheinbarer Axenwinkel	89° 54′	48° 12′
Wirklicher Axenwinkel	56° 34′	30° 43′

Zweite Reihe. $RO,2U_2O_3,3AcO + 6HO$. Rhombisch. $a : b : c$ = 1 : 0·6 : 0·4.

R =	Mg	Mn	Cd
Orientirung	cba	cba	cba
Scheinbarer Axenwinkel . . .	10—13°		54—57°

Dritte Reihe. $RO,2U_2O_3,3AcO_3 + 7HO$. Rhombisch. $a : b : c$ = 1 : 0·9 : 0·8.

R =	Ni	Co	Zn
Orientirung	abc	abc	abc
Scheinbarer Axenwinkel	100°	103° 38′	110°

3. Gruppe. Mangan, Eisen, Kobalt, Chrom, Aluminium.

Die merkwürdigsten Reihen gehören dem tesseralen Systeme an. Von den übrigen besitzen wir correspondirende optische Beobachtungen aus der Reihe des rothen Blutlaugensalzes. 3 KCy,R_2Cy_3. Rhombisch. 1 : 0·7 : 0·6.

R =	Fe	Mn	Co
Orientirung	$a\dot{b}\dot{c}$	$a\dot{b}\dot{c}$	$a\dot{b}\dot{c}$
Scheinbarer Axenwinkel . . .	70° 30′		32° 30′

4. Gruppe. Calcium, Strontium, Baryum, Blei.

Chloride. Chlorcalcium und Chlorstrontium wird von Sénarmont, als dem hexagonalen System angehörend und übereinstimmend im optischen Charakter, negativ, angegeben.

Subsulphate. $RO,S_2O_5 + 4HO$. Hexagonal. Das Strontian- und das Kalksalz optisch negativ. Das Bleisalz positiv.

Sulphate. RO,SO_3. Rhombisch. $a : b : c = 1 : 0{\cdot}7 : 0{\cdot}6$.

R =	Ca	Ba	Sr	Pb
Orientirung	$\dot{b}\dot{c}a$	$a\dot{b}\dot{c}$	$a\dot{b}\dot{c}$	$a\dot{b}\dot{c}$
Wirklicher Axenwinkel .	43° 32′	36° 48′	50° circa	90° circa

Carbonate. RO,CO_2. Rhombisch. $a : b : c = 1 : 0{\cdot}7 : 06$.

R =	Ca	Ba	Sr	Pb
Orientirung	$c\underline{a}b$	$\dot{b}\underline{a}c$	$c\underline{a}b$	$\dot{b}\underline{a}c$
Scheinbarer Axenwinkel .	30°	20°	10°	16°
Wirklicher Axenwinkel .	17° 50	9° circa	6° 56′	8° 3′

Phosphate. Als Apatit und Pyromorphit $RCl + 3(3RO,PO_5)$. Hexagonal. Negativ.

Acetate. $RO,AcO_3 + 3HO$. Monoklinoëdrisch. Es wird mit dem Bleizucker isomorph ein Zink- und Barytsalz beschrieben. Doch kann man kaum mehr von Isomorphie sprechen, wo Kantenwinkel und Axenlängen so different werden und letztere nur sehr gezwungen auf einander bezogen werden können. In optischer Beziehung stimmt das Blei- und Zinksalz insoferne überein, als die Ebene der

optischen Axen für beide in die Symmetrieebene entfällt und die erste Mittellinie mit der Normale auf a einen Winkel von etwa 35° einschliesst.

Formiate. RO,FoO_3. Rhombisch. $a:b:c = 1:0{\cdot}7:0{\cdot}4$

R =	Ca	Ba
Orientirung	bça	bça
Scheinbarer Axenwinkel . . .	39—44°	168—170°

Die drei folgenden Gruppen sind noch nicht hinlänglich in optischer Beziehung untersucht. Dagegen besitzen wir zahlreiche Daten aus der

8. Gruppe. Kalium, Ammonium.

Doppelchloride. Erste Reihe. $RCl,CuCl + 2HO$. Tetragonal. $a:c = 1{\cdot}3:1$ beide Verbindungen negativ. Es ist

	K	Am
$\frac{\mu_\omega + \mu_\varepsilon}{2}$	1·625	1·734
$\frac{\mu_\omega}{\mu_\varepsilon}$	1·01	1·01

Die Doppelbrechung bei beiden nahezu gleich, der mittlere Brechungsexponent grösser bei K als bei Am.

Zweite Reihe. $RCl,HgCl + 2HO$. Rhombisch. $a:b:c = 1:0{\cdot}77:0{\cdot}71$.

R =	K	Am
Orientirung	cba	ça̱ba

Scheinbarer Axenwinkel an der Kaliumverbindung so gross, dass die Axenstrahlen nicht mehr in die Luft austreten; in der Ammoniumverbindung 79° 24′.

Sulphate. Erste Reihe. RO,SO_3. Rhombisch. $a:b:c = 1:0{\cdot}7:0{\cdot}5$.

R =	K	Am
Orientirung	açb	baç
Scheinbarer Axenwinkel . . .	100° 52′	85° 30′
Wirklicher Axenwinkel . . .	66° 54′	49° 42′

Zweite Reihe . .	$RO, MgO, 2SO_3 + 6HO$	Siehe oben zweite Gruppe
Dritte Reihe . .	$RO, MnO, 2SO_3 + 6HO$	
Vierte Reihe . .	$RO, CoO, 2SO_3 + 6HO$	
Fünfte Reihe . .	$RO, NiO, 2SO_3 + 6HO$	
Sechste Reihe . .	$RO, FeO, 2SO_3 + 6HO$	
Siebente Reihe .	$RO, CuO, 2SO_3 + 6HO$	

Nitrate. RO,NO_5. Rhombisch. $a : b : c = 1 : 0{\cdot}7 : 0{\cdot}5$.

R =	K	Am
Orientirung	cab	abc
Scheinbarer Axenwinkel . . .	7° 39′	59° 30′

Phosphate. $RO, 2HO, PO_5$. Tetragonal. $a : c = 1{\cdot}4 : 1$. Beide Verbindungen negativ.

	K	Am
$\frac{\mu_\omega + \mu_\varepsilon}{2}$	1·49	1·50
$\frac{\mu_\omega}{\mu_\varepsilon}$	1·03	1·03

Also Doppelbrechung und mittlerer Brechungsexponent nahezu gleich.

Arseniate. Isomorph den vorigen. Beide Verbindungen negativ.

		K	Am
$\frac{\mu_\omega + \mu_\varepsilon}{2}$	=	1·56 [1])	1·55
$\frac{\mu_\omega}{\mu_\varepsilon}$	=	1·03	1·03

Ähnlich den vorigen.

Trinitrophenate. $RO + C_{12}H_23(NO_4).O$. Rhombisch. $a : b : c = 1 : 0{\cdot}69 : 0{\cdot}36$.

R =	K	Am
Orientirung	cba	cba

[1]) Nach brieflichen Mittheilungen von Descloizeaux 1·54.

Tartrate. $RO,\overline{T} + NaO,\overline{T} + 8HO$. Rhombisch. $a:b:c = 1:0{\cdot}8:0{\cdot}4$.

R =	K	Am
Orientirung	bça	cb̲a
Scheinbarer Axenwinkel . . .	133—89°	100—70°
Wirklicher Axenwinkel . . .	76—56°	62—46°

9. Gruppe. Natrium, Silber.

Die wenigen isomorphen Reihen dieser Gruppe sind noch nicht einer vergleichenden Untersuchung unterzogen worden. Eine Natronverbindung zeigt sich isomorph der Reihe $MgO,SO_3 + 7HO$.

	NaO,S_2O_5+2HO.	MgO,SO_3+7HO.
Orientirung	aç̲b	a̲cb
Scheinbarer Axenwinkel .	126—134°	79°

Das salpetersaure Silberoxyd hat gleiche Abmessungen mit salpetersaurem Kali und Aragonit.

	AgO,NO_5	KO,NO_5	CaO,CO_2
Orientirung	bça	cb̲a	ca̲b

Aus der

10. Gruppe, Ag, Au

besitzen wir keine Beobachtungen.

11. Gruppe. Phosphor, Arsen, Antimon.

Ausser den bereits unter der achten Gruppe angeführten Verbindungen ist noch der Mimetit $PbCl + 3\,(3PbO, AsO_5)$ neben den Phosphaten der vierten Gruppe zu nennen. Er ist, wie diese, hexagonal, optisch negativ. Das phosphorsaure und das arsensaure Natron $2NaO, HO\ddot{S}O_5 + 24HO$ stimmt ebenfalls.

12. Gruppe. Jod, Chlor, Brom.

Nur die triklinoëdrische Doppelverbindung des BaCl,Br mit CdCl,Br näher untersucht. Es zeigt sich die Orientirung übereinstimmend. Die erste Mittellinie fällt nahezu in die Normale von 110.

Es wären nun noch einige Lithion-, Silber-, Blei-, und Quecksilber-Verbindungen so wie mehrere Silicate anzuführen, die wir aber übergehen, da die Isomorphie der Gruppen, in welche sie eintreten sollen, erst noch weiterer Untersuchungen bedarf.

Überblickt man diese Aufzählung, so bemerkt man sogleich, dass bei vieler Übereinstimmung dennoch die optische und krystallographische Orientirung nicht durchwegs stimmt, wie dies schon Sénarmont hervorgehoben, der sich zuerst mit dem optischen Studium der isomorphen Krystalle beschäftigt. Aber man kann einen Schritt weiter gehen und bei einzelnen Gruppen Einsicht in den Grund mancher abweichenden Verhältnisse gewinnen. Dazu ist es nothwendig die Isomorphie einer jeden Gruppe selbst einer Prüfung zu unterziehen. Nun zeigt es sich, dass in der vierten Gruppe, wo die optische Orientirung sich sehr veränderlich erweist, auch die Isomorphie nur eine angenäherte ist. Nicht blos, dass die, gewiss noch unten einander ähnlichsten Formen der Carbonate sich nach dem allgemeinen Habitus in zwei Abtheilungen scheiden lassen (vergl. Sitzb. 27, 41), so ist auch die Isomorphie zwischen Anhydrit und Schwerspath nur eine gekünstelte und sie verschwindet zwischen den einzelnen Gliedern der Gruppe ganz in den ausgezeichnet krystallisirenden einfachen und Doppel-Cyanüren. Man kann darum hier weniger Gewicht auf die Abweichungen des optischen Verhaltens legen, wenn es gleich ersichtlich ist, dass die Differenzen in letzterem über allen Vergleich beträchtlicher sind als die in der krystallographischen Beschaffenheit [1]).

Anders ist es in der Gruppe Kalium, Ammonium. Wenige sind so vollständig untersucht, so sicher gestellt als diese. Sind auch die Formen von salpetersaurem Ammoniak dem Habitus nach noch ziemlich unterschieden von denen des salpetersauren Kali, so ist die Beziehung der einen Form auf die andere doch ganz ungezwungen. Nun findet sich aber die optische Orientirung fast durchgehends verschieden für die Kalium- und die Ammoniumverbindungen, und zwar im Allgemeinen um so verschiedener, je einfacher die Verbindung, d. i. je geringer die Menge der gemeinschaftlichen Bestandtheile und je geringer die Anzahl der gemeinschaftlichen Radicale ist. Man sieht dies aus folgender Zusammenstellung:

---

[1]) Bemerkenswerth ist, dass wie in morphologischer Beziehung Aragonit und Strontian einerseits und Witherit und Cerussit andererseits sich näher stehen, auch im optischen Verhalten ein gewisser Parallelismus der analogen Verbindungen sich zeigt. So ist der wirkliche Axenwinkel in den Sulphaten grösser im Strontiansalz als im Kalksalz, grösser im Bleisalz als im Barytsalz, dagegen in den Carbonaten kleiner im Strontiansalz als im Kalksalz, kleiner im Bleisalz als im Barytsalz.

Reihe	Verhältniss der gemeinschaftlichen Äquivalente zu den unterscheidenden Äquivalenten	Orientirung	$\bar{1}10.110$; $\bar{0}11.011$	100.001
Am/K O,SO_3	48 : 18 = 100 : 38 48 : 39·2 = 100 : 82	bac acb	72°20′ 75°20′ 73°28′ 75°0′	90° 0′ 90° 0′
Am/K O,NO_5	62 : 18 = 100 : 29 62 : 39·2 = 100 : 63	acb cab	69°14′ 80°48′ 70°12′ 79°29′	90° 0′ 90° 0′
Am/K $Cl,HgCl+2HO$	188 : 18 = 100 : 9 188 : 39·2 = 100 : 21	cba cba	75°34′ 85°20′	90° 0′ 90° 0′
Am/K $O,MgO,2SO_3+6HO$	170 : 18 = 100 : 11 170 : 39·2 = 100 : 23	(001) bc = 78° 0′ = 89° 0′	109°38′ 50° 6′ 108°41′ 51°36′	72°54′ 75° 5′
Am/K $O,FeO,2SO_3+6HO$	178 : 18 = 100 : 10 178 : 39·2 = 100 : 22	(001) bc = 82°55′ = 86° 0′	108°53′ 50°43′ 107°53′ 52°42′	73°12′ 75°44′
Am/K $O,NiO,2SO_3+6HO$	179 : 18 = 100 : 10 179 : 39·2 = 100 : 22	(001) bc = 79° 2′ = 84°34′	109°40′ 51°23′ 109° 5′ 51°14′	72°56′ 74°57′
Am/K $O,CoO,2SO_3+6HO$	180 : 18 = 100 : 10 180 : 39·2 = 100 : 22	(001) bc = 78° 0′ = 85°19′	109°28′ 51°0′ 109°21′	73° 4′ 75°17′
Am/K $O,ZnO,2SO_3+6HO$	181·7 : 18 = 100 : 10 181·7 : 39·2 = 100 : 21	(001) bc = 81°27′ = 85°17′	109°31′ 51°16′ 108°40′ 52°20′	73°19′ 74°33′
Am/K $O,CuO,2SO_3+6HO$	182·6 : 18 = 100 : 9 182·6 : 39·2 = 100 : 21	(100) ba = 2°33′ (001) bc = 94°23′	108°56′ 52°20′ 107°35′ 50°16′	73°44′ 71°56′
Am/K $O,C_{12}H_33(NO_4)O$	228 : 18 = 100 : 8 228 : 39·2 = 100 : 17	cba cba	68°20′ 55°29′ 69°45′ 55°54′	90° 0′ 90° 0′
Am/K $O,\bar{T}+NaO,\bar{T}+8HO$	235 : 18 = 100 : 8 235 : 39·2 = 100 : 16	cba bca	78°56′ 54° 4′ 79°33′ 54°38′	90° 0′ 90° 0′

Mit Ausnahme der letzten Verbindung sieht man die Übereinstimmung zwischen den Kalium- und Ammoniakverbindungen zunehmen, in dem Maasse als die gemeinschaftlichen Bestandtheile im Verhältniss zu den unterscheidenden sich vermehren, und was auch immer der Grund der Abweichung von dieser Regel, welche die Seignettesalze zeigen, sein mag, so viel ist gewiss, dass sie nur dazu helfen, die allgemeine Ansicht, welche man sich schon aus den übrigen Reihen bilden konnte, zu bestätigen, dass der krystallographischen Isomorphie der Kalium- und Ammoniumverbindungen keine optische Ähnlichkeit entspricht, dass vielmehr der Grund der optischen Ähnlichkeit der complicirten Verbindungen in der Menge der gemeinschaftlichen Bestandtheile zu suchen ist, welche die Verschiedenartigkeit der Wirkungen von Kalium und Ammonium decken.

[Es scheint dass der Grund der Abweichung der beiden Seignettesalze sich folgendermaassen auffassen lässt:

Bezeichnet $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ die Elasticitätsaxen im gewöhnlichen Sinne (wobei also auf die Farbe Rücksicht genommen ist) für die Kali-, $\mathfrak{a}_,$, $\mathfrak{b}_,$, $\mathfrak{c}_,$ für die Ammoniakverbindung, so hat man (vergl. den Schluss des vorigen Paragraphen) für diese die Werthe

$$a + \frac{a'}{\lambda^2} \qquad b + \frac{b'}{\lambda^2} \qquad c + \frac{c'}{\lambda^2}$$

$$a_, + \frac{a_,'}{\lambda^2} \qquad b_, + \frac{b_,'}{\lambda^2} \qquad c_, + \frac{c_,'}{\lambda^2}$$

Nimmt man nun an, dass die Elasticitätsverhältnisse des Äthers in beiden Verbindungen nicht wesentlich verschieden sind, so dass sie etwa in der Orientirung der Grössen übereinstimmen, so müsste bei dem angegebenen Schema der Orientirung

$$b + \frac{b'}{\lambda^2} > c + \frac{c'}{\lambda^2} \qquad c_, + \frac{c_,'}{\lambda^2} > b_, + \frac{b_,'}{\lambda^2}$$

$$b - c > \frac{c' - b'}{\lambda^2} \qquad \frac{c_,' - b_,'}{\lambda^2} > b_, - c_,$$

Wenn nun die Substanzen, wie es hier der Fall ist, nur sehr geringe Doppelbrechung aufweisen (von beiden Salzen kann man fast zolldicke Platten im Polarisationsmikroskop beobachten, ohne

dass die Farbenringe sehr häufig würden, was das sicherste Zeichen geringer Doppelbrechung ist, vergl. Airy, Pogg. Ann. 23), so werden die Differenzen $b-c$, $b_{,}-c_{,}$ wenig beträchtlich und die Lage der optischen Axen wird verschieden orientirt, genau wie es die Beobachtung fordert, wenn

$$c_{,}' - b_{,}' > \begin{pmatrix} \lambda^2 (b-c) \\ \lambda^2 (b_{,}-c_{,}) \end{pmatrix} > c' - b'$$

d. i. wenn die Dispersionsglieder grössere Differenzen aufweisen als die Glieder, welche das Maass der Doppelbrechung geben. In der That ist in den beiden Verbindungen die geringe Doppelbrechung mit starker Dispersion verbunden.

Wir werden, um in dieser Richtung zu einer bestimmten Erklärung zu gelangen, die beiden weinsauern Doppelverbindungen zum Gegenstand einer eingehenden Untersuchung machen.]

Nicht blos in der Kalium-Ammoniumgruppe zeigt sich dieser Einfluss der gemeinschaftlichen Bestandtheile. Schon die erste Gruppe gibt einen entsprechenden Beleg. Wir haben das Verhältniss der gemeinschaftlichen Bestandtheile zu den unterscheidenden im

$$\begin{aligned} KO\,\overset{S}{Cr}\,O_3 &= 71:16 = 100:22 \\ &= 71:26{\cdot}7 = 100:38 \\ AmO,MgO,2\,\overset{S}{Cr}\,O_3 + 7HO &= 140:32 = 100:23 \\ &= 140:53{\cdot}4 = 100:38 \\ MgO,\,\overset{S}{Cr}\,O_3 + 7HO &= 107:16 = 100:15 \\ &= 107:26{\cdot}7 = 100:25 \end{aligned}$$

und wieder zeigen sich die Glieder der ersten und zweiten Reihe verschieden orientirt und erst die der dritten übereinstimmend.

Ein ähnliches Verhältniss ist auch in Betreff der Isomophie (vergl. Buff, Kopp und Zamminer, pag. 600) nachgewiesen worden; so kann das Alkali in den Alaunen zum Theil durch Natron oder Magnesia ersetzt sein, unbeschadet der octaëdrischen Krystallform: doch ist die Empfindlichkeit in der optischen Orientirung ungleich grösser.

Nur die Glieder der Magniumgruppe zeigen Übereinstimmung, aber auch hier deuten die beträchtlichen Unterschiede in den optischen Axen darauf hin, dass von einer optischen Isomorphie nicht

die Rede sein kann. Als optisch isomorph müsste man nämlich jene doppelbrechenden Substanzen bezeichnen, wo, wenn a, b, c, a′ b′ c′ die Elasticitätsaxen zweier Krystalle sind, das Verhältniss

$$\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'} = \frac{c}{c'}$$

stattfände. Das kann aber der Beobachtung zu Folge kaum irgend wo nachgewiesen werden. Die ganze Analogie beschränkt sich eben darauf, dass die grösste, mittlere und kleinste Elasticitätsaxe überall ähnlich orientirt ist, ihre relative Grössen seien welche immer. Man kann daher auch nur von optischer Homologie sprechen. Bemerkenswerth ist dabei immer die geringe Differenz zwischen den Äquivalentzahlen von Fe, Ni, Co, Mn, Zn und die grosse Übereinstimmung im optischen Verhalten der isomorphen Salze dieser Gruppe.

Dass durch äusseren Druck nicht blos die Molecüle einander genähert werden, zeigt schon die einfache Thatsache dass explosive Substanzen durch Druck ihre atomistische Aggregation ändern, so wie dass andere (Schwefel, arsenige Säure, Quecksilberjodid) ihre Krystallform gegen eine neue umtauschen, indem sie zugleich ein bis in die kleinsten Partikel gleichsam zerstäubtes Ansehen erhalten. Die Näherung der Molecüle kann nicht statthaben, ohne auch die gegenseitige Stellung der Atome zu ändern, folglich nicht ohne auf die optische Constitution einzuwirken. Man sieht zugleich, wie nothwendig aus dieser Ansicht folgt, dass ein ungleichförmig comprimirter Körper zum künstlichen Krystall wird.

Der Schluss, zu dem alle diese Betrachtungen führen, ist nun der, dass die optischen Verhältnisse viel näher durch die atomistische Beschaffenheit bedingt sind als die morphologischen. Verschiedene Grundstoffe können sich im Molecül vertreten ohne die Form desselben, von welcher die Krystallgestalt abhängt, wesentlich zu ändern; aber dabei wird der optische Charakter um so tiefer afficirt, je grösser die Änderung in der Constitution des Molecüls ist. Wir glauben daher wegen aller in diesem Abschnitte angeführten Thatsachen zu dem Schlusse berechtigt zu sein, dass der Grund der Doppelbrechung nicht in der Anordnung der wägbaren Molecüle, sondern in der Disposition der Ätherpartikel innerhalb des Molecüls zu suchen sei. Diese muss zwar ähnliche Symmetrie wie der Krystallkörper zeigen, denn die Symmetrie

des letztern hängt von der Form seiner Molecüle ab; aber es kann gar kein directer Zusammenhang bestehen zwischen den optischen und solchen Verhältnissen, die nur auf der verschiedenartigen Vertheilung der Molecüle beruhen wie Spaltbarkeit, Härte, magnetische Orientirung.

Isomorphie und magnetische Orientirung.

1. Dass die magnetische Orientirung, d. i. die dem magnetischen Charakter der Substanz widersprechende Einstellung der Krystalle zwischen den Polen kräftiger Magnete, von der Anordnung der wägbaren Materie und zwar zunächst von der Disposition der Molecüle abhängt, haben schon Knoblauch und Tyndall aus ihren Versuchen mit verschiedenartig comprimirten Massen geschlossen. Einen weitern Beleg dafür geben die isomorphen Körper.

Es sind bis jetzt sechs isomorphe Gruppen bezüglich der magnetischen Orientirung untersucht. Es zeigt

Mg, Ni, Co	$Cl + 2CdCl + 12HO$	die Orientirung	δ π π (bac)
Am, K	O,SO_3	„ „	δ δ (cab)
KO,CrO_3	. . . . .	„ „	δ
Ba, Sr	O,SO_3	„ „	δ δ (bca)
Mg, Zn, Ni	$O,SO_3 + 7HO$ . . .	„ „	δ δ π (cba)
CaO,CO_2	. . . . .	„ „	δ
KO,NO_5	. . . . .	„ „	δ (cab)
K, Am	$O,NaO,2T + 8HO$.	„ „	δ δ (cab)

d. i. alle bis jetzt untersuchten, gut krystallisirten Körper des rhombischen Systems besitzen, sobald sie in eine isomorphe Gruppe gehören, dasselbe Schema der Orientirung.

Das bedeutet aber nicht, dass die Glieder einer Gruppe sich durchaus gleich einstellen. Denn während in diamagnetischen Krystallen das Schema

$$\delta\ (bac)$$

anzeigt, dass bei der Aufhängung nach *a* sich die Richtung *b* äquatorial stellt u. s. w., besagt für paramagnetische Krystalle das Schema

$$\pi\ (bac),$$

dass bei derselben Aufhängung *b* die axiale Richtung sucht u. s. f. (Sitzb. 32, 45.)

Der Sinn des gleichen Schema ist daher der, dass, wenn in einer isomorphen Gruppe para- und diamagnetische Substanzen neben einander stehen, alle von gleichem magnetischen Charakter sich gleichmässig einstellen, aber die paramagnetischen genau umgekehrt wie die diamagnetischen.

Da nun der magnetische Charakter von der Substanz, d. i. der atomistischen Beschaffenheit der Molecüle abhängt und das einzige Gemeinsame der isomorphen Körper in der gleichartigen Lagerung ihrer Molecüle (die Substanz derselben sei welche immer) besteht [1]), so muss auch die magnetische Orientirung allein von der Anordnung der Molecüle abhängen. Es geht dies so weit, dass Krystalle, deren chemischer Isomorphismus bis jetzt ganz unerklärlich ist, wie rothes Blutlaugensalz, Aragonit und Salpeter, bei morphologischer Gleichartigkeit auch gleiche magnetische Orientirung aufweisen. Wenn man die optische Desorientirung der beiden weinsauren Doppelverbindungen des Natron mit Kali und Ammoniak, so wie die des schwefelsauren Kali und Ammoniak mit der übereinstimmenden Orientirung des magnetischen Verhaltens vergleicht, so kann man darüber nicht im Zweifel sein, dass den relativen Verhältnissen der Doppelbrechung und der magnetischen Axenwirkung ganz verschiedene Ursachen zu Grunde liegen.

Die optischen Verhältnisse stehen ausser aller Beziehung zur Theilbarkeit. Die magnetischen scheinen dagegen, wie auch schon von Tyndall bemerkt worden, um so inniger an diese gebunden zu sein. So finden wir in Krystallen mit ausgezeichneter pinakoidischer Spaltbarkeit

Calciumplatincyanur . .	$\delta\ (bac)$	Theilbarkeit	010
Schwefelsaures Kali . .	$\delta\ (cab)$	„	010
„ Ammoniak	$\delta\ (cab)$	„	010

[1]) Dafür spricht die gleichmässige Theilbarkeit und die Fähigkeit bei nahezu gleicher Löslichkeit nach variablen Verhältnissen zusammen zu krystallisiren.

Anhydrit . . . . . δ (abc) Theilbarkeit 100
Baryt und Coelestin . . δ (bca) „ 001

also überall die Normale auf die Spaltungsrichtung als die Richtung der kräftigsten magnetischen Action. Doch bildet hier die Gruppe der schwefelsauren Verbindungen aus der Magnesiareihe eine Ausnahme.

Eine scheinbare Ausnahme bezüglich der gleichen Orientirung isomorpher Körper bilden chromsaure Magnesia und Anhydrit. Aber die erstere ist von so schwacher Axenwirkung und unsere Krystalle waren so klein und zum Theil selbst verwittert, dass man auf ihr abweichendes Verhalten, wegen der Unsicherheit der Bestimmung keinen Einwurf begründen kann. Die Isomorphie des Anhydrites mit Schwerspath und Coelestin ist aber wegen der gänzlichen Verschiedenheit in der Spaltbarkeit, dem verschiedenen Combinationshabitus und der complicirten Form der Flächenindices, so bald man einerlei Axensystem zu Grunde legt, zweifelhaft genug; wenigstens geht aus allen rein morphologischen Verhältnissen mit Gewissheit hervor, dass von gleicher Molecular-Anordnung in den genannten Körpern nicht die Rede sein kann.

2. Es ist nun zwar nicht zu behaupten, dass die Richtung der kräftigsten magnetischen Action auch die Richtung der grössten Dichtigkeit sein muss, gewiss aber wird, insofern unsere Grundanschauung die richtige ist, die magnetische Orientirung auf sehr einfache Weise mit der nach verschiedenen Richtungen hin verschiedenen Dichtigkeit im Zusammenhang stehen.

Wir denken uns die Massenmittelpunkte der Molecüle der Krystalle so vertheilt, dass sie insgesammt in Ebenen zu liegen kommen, welche durch die Indices der beobachteten Krystall- und Spaltungsflächen bestimmt sind. Im rhombischen System werden diese Ebenen symmetrisch in den 8 orthogonalen Raumoctanten vorkommen, welche durch die drei Hauptschnittsebenen gebildet werden. (Diese Ebenen werden zugleich die geometrischen Orte der Ruhelagen sein, um welche die Theilchen unter dem Einflusse der Wärme oscilliren, und die einzige Bedingung welche sie zu erfüllen haben, ist, dass die relativen Dimensionen nach den drei Hauptrichtungen hin verschiedene von der Gestalt und Beschaffenheit der Molecüle abhängige Änderungen erfahren können.)

Was auch immer die Ursache der magnetischen Erscheinungen sein mag, so ist sie doch immer einer anziehenden oder abstossenden

Wirkung des Magnetismus auf die Massenmolecüle äquivalent zu setzen und da die magnetischen Kräfte der Newton'schen Anziehungsfunction entsprechen, so lassen sich hier alle die bekannten Sätze vom Potential in Anwendung bringen.

Denkt man sich aus dem Krystalle eine Kugel geschnitten, welche zwischen zwei unendlichen Ebenen aufgehängt wird, von welcher aus magnetische Anziehung geübt wird, so lässt sich das Drehungsmoment auf zweierlei Art berechnen. Entweder man reducirt die Wirkung der Masse, unter der Annahme der augegebenen Molecularvertheilung auf die Wirkung einer andern über die Oberfläche der Kugel vertheilten magnetischen Materie, was nach einem bekannten Lehrsatz von Gauss immer möglich ist. Man erhält dann eine Oberflächenvertheilung, die im Allgemeinen durch eine homogene Gleichung des zweiten Grades repräsentirt wird, aber in erster Näherung auf eine Gleichung des zweiten Grades gebracht werden kann. Das ist, statt der Wirkung der Masse des Krystalles ergibt sich die Wirkung einer Massenschicht, welche continuirlich zwischen zwei Flächen der zweiten Ordnung, nämlich der Kugelfläche und einem dreiaxigen Ellipsoid enthalten ist. Man erhält dann die Wirkung auf einen äussern Punkt durch die Differentiation des Potentials

$$V = \frac{2k\mu}{\pi} \iiint_{-\infty}^{+\infty} \frac{dx\,dy\,dz}{(x^2+y^2+z^2)} \cdot {}^1/_2 \int_0^{\infty} \frac{\sin\varphi}{\varphi} \cos U\varphi \, d\varphi \int_0^{\infty} \frac{\sin\varphi'}{\varphi'} \cos U'\varphi' \, d\varphi'$$

wo

k der constante Dichtigkeitsfactor der Schicht,

μ die specifische (para- oder dia-) magnetische Intensität der Substanz;

$U = \frac{r^2}{x^2+y^2+z^2}$, und r der Radius der Kugel,

$U' = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2}$, und a, b, c die Halbaxen der äussern

ellipsoidischen Grenzfläche sind; die Bogen φ und φ' verschwinden durch die Integration innerhalb der angegebenen Grenzen. Es ist das bekannte Dirichletsche Integral für die Anziehung der Ellipsoide angewandt auf eine sphärisch-ellipsoidische Schicht.

Die zweite Methode besteht darin, das Potential für parallele, auf der Ebene der unendlichen magnetischen Flächen normale Linien zu berechnen. Ist nämlich

l die Entfernung zweier Massenmittelpunkte;
μ die specifische (para- oder dia-) magnetische Masse eines Molecüls;
d die Entfernung des Endpunktes der mit Materie belegten Linie vom nächsten magnetischen Punkte der einen unendlichen Ebene;
k die Anzahl der Molecüle auf der mit Materie besetzten Linie;
so wird

$$V = \frac{\mu}{l} \int_0^1 \frac{(1-x)^{\frac{d-l}{l}} - (1-x)^{\frac{k+d}{l}}}{x} dx .$$

Wir werden, sobald wir die von uns beabsichtigten Messungen durchgeführt haben, zeigen, wie diese beiden Formeln sich Schwingungsversuchen anpassen lassen und wie sie zugleich dazu dienen können, die relativen Dichten in Krystallen zu bestimmen.

Note zu Seite 393.

Setzt man

$$V = k + AX + BY + CZ + DX^2 + EY^2 + FZ^2 + GYZ + HZX + JXY + A_1X_1 + B_1Y_1 + C_1Z_1 + D_1X_1^2 + E_1Y_1^2 + F_1Z_1^2$$

(indem eine solche Wahl der Coordinatenaxen gedacht wird, dass die Coëfficienten von X_1Y_1, Y_1Z_1, Z_1X_1 verschwinden), so findet man unter der Berücksichtigung, dass δV für $\xi = 0$ $\eta = 0$ $\zeta = 0$ unabhängig von den Variationen $\delta\xi$, $\delta\eta$, $\delta\zeta$ und folglich auch unabhängig von δX, δY, δZ und δX_1, δY_1, δZ_1 der Nulle gleich werden muss

$$V = k + DX^2 + EY^2 + FZ^2 + GYZ + HZX + JXY + D_1X_1^2 + E_1Y_1^2 + F_1Z_1^2$$

Schreibt man nun hier der Bequemlichkeit halber $-\frac{1}{2}a$ für D, $-\frac{1}{2}b$ für E .. $-d$ für G, $-e$ für H .. $\frac{1}{2}a_1$ für D_1 . . . .

so wird

$$\delta V = -(\mathfrak{A}\delta X + \mathfrak{B}\delta Y + \mathfrak{C}\delta Z + a_1X_1\delta X_1 + b_1Y_1\delta Y_1 + c_1Z_1\delta Z_1)$$

wo

$$\mathfrak{A} = aX + fY + eZ$$
$$\mathfrak{B} = fX + bY + dZ$$
$$\mathfrak{C} = eX + dY + cZ$$

ist. Substituirt man dies in die allgemeine Bewegungsgleichung, und vertauscht die Differential- und Variationszeichen, so erhält man

$$\iiint dx\,dy\,dz\left(\frac{d^2\xi}{dt^2}\delta\xi + \frac{d^2\eta}{dt^2}\delta\eta + \frac{d^2\zeta}{dt^2}\delta\zeta\right) =$$
$$-\iiint dx\,dy\,dz\left[\mathfrak{A}\left(\frac{d\delta y}{dz} - \frac{d\delta\zeta}{dy}\right) + \mathfrak{B}\left(\frac{d\delta\zeta}{dx} - \frac{d\delta\zeta}{dz}\right)\right.$$
$$\left. + \mathfrak{C}\left(\frac{d\delta\xi}{dy} - \frac{d\delta\eta}{\delta x}\right)\right.$$
$$+ a, X_{,,}\left(\frac{d}{dz}\left[\frac{d^2\delta\eta}{\delta x^2} + \frac{d^2\delta\eta}{dy^2} + \frac{d^2\delta\eta}{dz^2}\right] - \frac{d}{dy}\left[\frac{d^2\delta\zeta}{dx^2} + \frac{d^2\delta\zeta}{dy^2} + \frac{d^2\delta\zeta}{dz^2}\right]\right)$$
$$+ b, Y_{,,}\left(\frac{d}{dx}\left[\frac{d^2\delta\zeta}{dx^2} + \frac{d^2\delta\zeta}{dy^2} + \frac{d^2\delta\zeta}{dz^2}\right] - \frac{d}{dz}\left[\frac{d^2\delta\xi}{dx^2} + \frac{d^2\delta\xi}{dy^2} + \frac{d^2\delta\xi}{dz^2}\right]\right)$$
$$\left. + c, Z_{,,}\left(\frac{d}{dy}\left[\frac{d^2\delta\xi}{dx^2} + \frac{d^2\delta\xi}{dy^2} + \frac{d^2\delta\xi}{dz^2}\right] - \frac{d}{dx}\left[\frac{d^2\delta\eta}{dx^2} + \frac{d^2\delta\eta}{dy^2} + \frac{d^2\delta\eta}{dz^2}\right]\right)\right]$$

Wird hier theilweise integrirt, um die δ aus den Differentialquotienten auszuscheiden, und berücksichtigt man, insofern es sich hier nur um die Fortpflanzung innerhalb eines möglicher Weise unbegrenzten Mediums handelt, nur die dreifachen Integrale, so gelangt man zu folgenden Relationen zwischen den Coëfficienten der Variationen:

$$\frac{\delta^2\xi}{dt^2} = \frac{d}{dy}\left[\mathfrak{C} + c,\left(\frac{d^2Z_{,,}}{dx^2} + \frac{d^2Z_{,,}}{dy^2} + \frac{d^2Z_{,,}}{dz^2}\right)\right]$$
$$- \frac{d}{dz}\left[\mathfrak{B} + b,\left(\frac{d^2Y_{,,}}{dx^2} + \frac{d^2Y_{,,}}{dy^2} + \frac{d^2Y_{,,}}{dz^2}\right)\right]$$
$$\frac{d^2\eta}{dt^2} = \frac{d}{dz}\left[\mathfrak{A} + a,\left(\frac{d^2X_{,,}}{dx^2} + \frac{d^2X_{,,}}{dy^2} + \frac{d^2X_{,,}}{dz^2}\right)\right]$$
$$- \frac{d}{dx}\left[\mathfrak{C} + c,\left(\frac{d^2Z_{,,}}{dx^2} + \frac{d^2Z_{,,}}{dy^2} + \frac{d^2Z_{,,}}{dz^2}\right)\right]$$
$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = \frac{d}{dx}\left[\mathfrak{B} + b\left(\frac{d^2Y_{,,}}{dx^2} + \frac{d^2Y_{,,}}{dy^2} + \frac{d^2Y_{,,}}{dz^2}\right)\right]$$
$$- \frac{d}{dy}\left[\mathfrak{A} + a,\left(\frac{d^2X_{,,}}{dx^2} + \frac{d^2X_{,,}}{dy^2} + \frac{d^2X_{,,}}{dz^2}\right)\right]$$

Wir führen nun ein neues Coordinatensystem ein, indem wir die Ebene einer beliebigen Welle als die Ebene $x'\,y'$ setzen; nennt man die Winkel, die

$$\begin{array}{llll} x' & \text{mit } x\ y\ z \text{ einschliesst} & \alpha & \beta\ \ \gamma \\ y' & \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} & \alpha' & \beta'\ \ \gamma' \\ z' & \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} & \alpha'' & \beta''\ \ \gamma'' \end{array}$$

und sind beide Coordinatensysteme rechtwinklig, so ist

$$\begin{aligned} \cos\alpha &= \cos\beta'\cos\gamma'' - \cos\beta''\cos\gamma' \\ \cos\beta &= \cos\gamma'\cos\alpha'' - \cos\gamma''\cos\alpha' \\ \cos\gamma &= \cos\alpha'\cos\beta'' - \cos\alpha''\cos\beta' \\ \cos\alpha' &= \cos\beta''\cos\gamma - \cos\beta\cos\gamma'' \\ \cos\beta' &= \cos\gamma''\cos\alpha - \cos\gamma\cos\alpha'' \\ \cos\gamma' &= \cos\alpha''\cos\beta - \cos\alpha\cos\beta'' \\ \cos\alpha'' &= \cos\beta\cos\gamma' - \cos\beta'\cos\gamma \\ \cos\beta'' &= \cos\gamma\cos\alpha' - \cos\gamma'\cos\alpha \\ \cos\gamma'' &= \cos\alpha\cos\beta' - \cos\alpha'\cos\beta \end{aligned}$$

$$X = X'\cos\alpha + Y'\cos\alpha' + Z'\cos\alpha''$$

etc.

$$X_{,} = X_{,}'\cos\alpha + Y_{,}'\cos\alpha' + Z_{,}'\cos\alpha''$$

etc.

$$X' = X\cos\alpha + Y\cos\beta + Z\cos\gamma$$

etc.

$$X_{,}' = X_{,}\cos\alpha + Y_{,}\cos\beta + Z_{,}\cos\gamma$$

etc.

Ist die Verschiebung ξ, η, ζ nur von einer der Grundvariablen abhängig, wie z. B. in dem Falle, wo das Coordinatensystem parallel der Wellenebene ist, indem hier die Verschiebungen nur nach der dritten Coordinate z' bestimmt werden, so wird

$$X = \frac{d\eta'}{dz'}\cos\alpha - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\alpha' \qquad Y = \frac{d\eta'}{dz'}\cos\beta - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\beta'$$

$$Z = \frac{d\eta'}{dz'}\cos\gamma - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\gamma'$$

etc.

Werden diese Formeln auf unsere Gleichungen angewandt, so hat man zunächst, indem man alles auf z' bezieht,

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} = \frac{d}{dz'}\left[\mathfrak{C} + c_{,}\frac{d^2Z_{,,}}{dz'^2}\right]\cos\beta'' - \frac{d}{dz'}\left[\mathfrak{B} + b\ \frac{d^2Y_{,,}}{dz'^2}\right]\cos\gamma''$$

$$\frac{d^2\eta}{dt^2} = \frac{d}{dz'}\left[\mathfrak{A} + a_{,}\frac{d^2X''}{dz'^2}\right]\cos\gamma'' - \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{C} + c_{,}\frac{d^2Z_{,,}}{dz'^2}\right)\cos\alpha''$$

$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{B} + b_{,}\frac{d^2Y_{,,}}{dz'^2}\right)\cos\alpha'' - \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{A} + a_{,}\frac{d^2X_{,,}}{dz'^2}\right)\cos\beta''$$

Berücksichtigt man ferner, dass

$$\frac{d^2\xi'}{dt^2} = \frac{d^2\xi}{dt^2}\cos\alpha + \frac{d^2\eta}{dt^2}\cos\beta + \frac{d^2\zeta}{dt^2}\cos\gamma$$

$$\frac{d^2\eta'}{dt^2} = \frac{d^2\xi}{dt^2}\cos\alpha' + \frac{d^2\eta}{dt^2}\cos\beta' + \frac{d^2\zeta}{dt^2}\cos\gamma'$$

$$\frac{d^2\zeta'}{dt^2} = \frac{d^2\xi}{dt^2}\cos\alpha'' + \frac{d^2\eta}{dt^2}\cos\beta'' + \frac{d^2\zeta}{dt^2}\cos\gamma''$$

so erhält man durch Substitution, indem die oben mitgetheilten Relationen in Anwendung gebracht werden

$$\frac{d^2\xi'}{dt^2} = -\frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{A} + a_{,}\frac{d^2X''}{dz'^2}\right)\cos\alpha' - \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{B} + b_{,}\frac{d^2Y''}{dz'^2}\right)\cos\beta'$$
$$- \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{C} + c_{,}\frac{d^2Z''}{dz'^2}\right)\cos\gamma'$$

$$\frac{d^2\eta'}{dt^2} = \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{A} + a_{,}\frac{d^2X_{,,}}{dz'^2}\right)\cos\alpha + \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{B} + b'\frac{d^2Y_{,,}}{dz'^2}\right)\cos\beta$$
$$+ \frac{d}{dz'}\left(\mathfrak{C} + c_{,}\frac{d^2Z_{,,}}{dz'^2}\right)\cos\gamma$$

$$\frac{d^2\zeta'}{dt^2} = 0$$

Die Vibrationsebene fällt somit in die Wellenebene selbst, wie es auch in der einfachen Theorie Mac Cullagh's stattfindet; hier ist also das Verschwinden des kleinen Winkels keine Folge der ersten Approximation, sondern gilt strenge für jede beliebige Näherung. Man sieht aber ein, dass dies eine nothwendige Folge der

Voraussetzung ist, nach welcher ξ, η, ζ nur von z' abhängig und $x'y'$ die Wellenebene selbst sein soll. — Entwickelt man nun $X_{,,}$, $Y_{,,}$ $Z_{,,}$ als Functionen von z', so ergibt sich nach zahlreichen Reductionen mit Hilfe der Transformationsgleichungen

$$\begin{aligned}
X_{,,} = \frac{d^2}{dz'^2}\Big[&\Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\gamma - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\gamma'\Big)\cos\alpha''\cos\gamma'' \\
&- \Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\alpha - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\alpha'\Big)\sin\alpha''^2 \\
&+ \Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\beta - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\beta'\Big)\cos\alpha''\cos\beta''\Big] \\
Y_{,,} = \frac{d^2}{dz'^2}\Big[&\Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\alpha - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\alpha'\Big)\cos\beta''\cos\alpha'' \\
&- \Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\beta - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\beta'\Big)\sin\beta''^2 \\
&+ \Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\gamma - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\gamma'\Big)\cos\beta''\cos\gamma''\Big] \\
Z_{,,} = \frac{d^2}{dz'^2}\Big[&\Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\beta - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\beta'\Big)\cos\gamma''\cos\beta'' \\
&- \Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\gamma - \frac{d\xi'}{dz'}\cos\gamma'\Big)\sin\gamma''^2 \\
&+ \Big(\frac{d\eta'}{dz'}\cos\alpha - \frac{d\xi'}{\partial z'}\cos\alpha'\Big)\cos\gamma''\cos\alpha''\Big]
\end{aligned}$$

Führt man dies in den obigen Gleichungen ein, indem man zugleich auch die Differentialquotienten der mit $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ bezeichneten Summen entwickelt, so erhält man schliesslich nach allen Reductionen

$$\begin{aligned}
\frac{d^2\xi'}{dt^2} = \Big(&a\cos\alpha'^2 + b\cos\beta'^2 + c\cos\gamma'^2 + 2d\cos\beta'\cos\gamma' \\
&+ 2e\cos\alpha'\cos\gamma' + 2f\cos\alpha'\cos\beta'\Big)\frac{d^2\xi'}{dz'^2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
-\Big(&a\cos\alpha\cos\alpha' + b\cos\beta\cos\beta' + c\cos\gamma\cos\gamma' \\
&+ d(\cos\beta\cos\gamma' + \cos\beta'\cos\gamma) \\
&+ e(\cos\gamma\cos\alpha' + \cos\gamma'\cos\alpha) \\
&+ f(\cos\alpha\cos\beta' + \cos\alpha'\cos\beta)\Big)\frac{d^2\eta'}{dz'^2}
\end{aligned}$$

$$+\left(a, \cos\alpha'^2 + b, \cos\beta'^2 + c, \cos\gamma'^2\right)\frac{d^6\xi'}{dz'^6} - \left(a, \cos\alpha\cos\alpha' + b, \cos\beta\cos\beta' + c, \cos\gamma\cos\gamma'\right)\frac{d^6\eta'}{dz'^6}$$

$$\frac{d^2\eta'}{dt^2} = \left(a\cos\alpha^2 + b\cos\beta^2 + c\cos\gamma^2 + 2d\cos\beta\cos\gamma + 2c\cos\gamma\cos\alpha + 2f\cos\alpha\cos\beta\right)\frac{d^2\eta'}{dz'^2}$$

$$-\left(a\cos\alpha\cos\alpha' + b\cos\beta\cos\beta' + c\cos\gamma\cos\gamma' + d(\cos\beta\cos\gamma' + \cos\beta'\cos\gamma) + e(\cos\gamma\cos\alpha' + \cos\gamma'\cos\alpha) + f(\cos\alpha\cos\beta' + \cos\alpha'\cos\beta)\right)\frac{d^2\xi'}{dz'^2}$$

$$+\left(a, \cos\alpha^2 + b, \cos\beta^2 + c, \cos\gamma^2\right)\frac{d^6\eta'}{dz'^6} - \left(a, \cos\alpha\cos\alpha' + b, \cos\beta\cos\beta' + c, \cos\gamma\cos\gamma'\right)\frac{d^6\xi'}{dz'^6}$$

Da über die Richtung, welche die Axen x' y' in der Wellenebene x' y' einnehmen, bis jetzt nichts bestimmt worden, so kann man die Bedingungsgleichungen

$$-M\frac{d^2\eta'}{dz'^2} + P\frac{d^6\xi'}{dz'^6} - Q\frac{d^6\eta'}{dz'^6} = 0$$

$$-M\frac{d^2\xi'}{dz'^2} + N\frac{d^6\eta'}{dz'^6} - Q\frac{d^6\xi'}{dz'^6} = 0$$

setzen, wo

$$M = a\cos\alpha\cos\alpha' + b\cos\beta\cos\beta' + c\cos\gamma\cos\gamma' + d(\cos\beta\cos\gamma' + \cos\beta'\cos\gamma) + e(\cos\gamma\cos\alpha' + \cos\gamma'\cos\alpha) + f(\cos\alpha\cos\beta' + \cos\alpha'\cos\beta)$$

$$N = a, \cos\alpha^2 + b, \cos\beta^2 + c, \cos\gamma^2$$

$$P = a, \cos\alpha'^2 + b, \cos\beta'^2 + c, \cos\gamma'^2$$

$$Q = a, \cos\alpha\cos\alpha' + b, \cos\beta\cos\beta' + c, \cos\gamma\cos\gamma'$$

Die Verschiebungen werden im Allgemeinen einer Exponentiellen mit imaginärem Exponenten proportional sein; berücksichtigt man noch, dass sie nur von z' abhängen, so wird

$$\xi' = \mathfrak{a}\, e^{\left(\frac{2\pi}{\lambda} z' - \frac{2\pi}{\tau} t\right)\sqrt{-1}} \qquad \eta' = \mathfrak{b}\, e^{\left(\frac{2\pi}{\lambda} z' - \frac{2\pi}{\tau} t\right)\sqrt{-1}}$$

$$\frac{d^2\xi'}{dz'^2} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \xi' \qquad \frac{d^2\eta'}{dz'^2} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \eta'$$

$$\frac{d^6\xi'}{dz'^6} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^6 \xi' \qquad \frac{d^6\eta'}{dz'^6} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^6 \eta'$$

Substituirt man dies in obigen Gleichungen, so wird

$$-M\mathfrak{b} + (P\mathfrak{a} - Q\mathfrak{b})\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4 = 0$$

$$-M\mathfrak{a} + (N\mathfrak{b} - Q\mathfrak{a})\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4 = 0$$

Eliminirt man hier $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, so ergibt sich

$$M^2 + 2MQ\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4 + (Q^2 - NP)\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^8 = 0$$

das ist

$$M^2 + MQ\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4 - (a,b, \cos\gamma''^2 + b,c, \cos\alpha''^2 + c,a, \cos\beta''^2)\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^8 = 0$$

Durch diese Gleichung ist das Axensystem fixirt; führt man die daraus resultirenden Werthe in den Differentialgleichungen ein, so wird

$$\frac{d^2\xi'}{dt^2} = (a\cos\alpha'^2 + b\cos\beta'^2 + c\cos\gamma'^2 + 2d\cos\beta'\cos\gamma' + 2e\cos\gamma'\cos\alpha' + 2f\cos\alpha'\cos\beta')\frac{d^2\xi'}{dz'^2}$$

$$\frac{d^2\eta'}{dt^2} = (a\cos\alpha^2 + b\cos\beta^2 + c\cos\gamma^2 + 2d\cos\beta\cos\gamma + 2e\cos\gamma\cos\alpha + 2f\cos\alpha\cos\beta)\frac{d^2\eta'}{dz'^2}$$

Da nun, nach dem Werthe des particulären Integrales,

$$\left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2 = s^2\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

wird, und $\lambda = \sigma\tau$, also σ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist, so sind die beiden Factoren

$$s_1^2 = a\cos\alpha^2 + b\cos\beta^2 + c\cos\gamma^2 + 2d\cos\beta\cos\gamma + 2e\cos\gamma\cos\alpha + 2f\cos\alpha\cos\beta$$

$$s_2^2 = a\cos\alpha'^2 + b\cos\beta'^2 + c\cos\gamma'^2 + 2d\cos\beta'\cos\gamma' + 2e\cos\gamma'\cos\alpha' + 2f\cos\alpha'\cos\beta'$$

die Quadrate der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der beiden rechtwinklig auf einander polarisirten Vibrationen, die jeder Wellenebene entsprechen. Da aber die $\alpha, \beta \ldots$ im Allgemeinen wegen der obigen Substitutionsgleichungen von der Wellenlänge abhängen, so muss auch die Schwingungsrichtung eine Function der Wellenlänge werden.

Vorgelegte Druckschriften.

Nr. 27.

Academie I. des sciences, belles lettres et arts de Lyon, Mémoires. Classe de sciences, Tom. V, VI, VII. Classe de lettres, Tom. IV, V, VI. Lyon, 1857, 58; 8°.

Association, american, for the advancement of science. Proceedings. Tenth and eleventh meeting. Cambridge, 1857/8; 8°.

Jahrbuch, neues, für Pharmacie und verwandte Fächer. Band X, Heft 3. Speyer, 1858.

Journal of Natural History. Vol. VI, Nr. 4. Boston, 1857; 8°.

Maury's Sailing Directions. Seventh ed., July, 1855; Washington, 4°.

— Eighth ed., August, 1858; Washington, 4°.

Perry, M. C., Com., U. S. Japan Expedition. Vol. I, II. Washington, 1856; 4°.

Reports of the commissioner of patents for the year 1856. Agriculture I. Mechanics I, II. Washington, 1857; 8°.

Société Linnéenne de Lyon. Annales. Nouv. sér. Tome III, IV. 1857; 8°.

— I. d'Agriculture etc. de Lyon. Annales des sciences physiques et naturelles etc. 2° sér.: Tome VIII, 3° sér.: Tome I. Lyon, 1856, 57; 8°.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Jahrgang 1858; Bd. XI. Berlin, 1858; 8°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XXXIII. BAND.

SITZUNG VOM 9. DECEMBER 1858

Nº 28.

SITZUNG VOM 9. DECEMBER 1858.

Vorträge.

Über die Bedeutung der in den Schalen von manchen Acephalen und Gasteropoden vorkommenden Canäle.

Von dem c. M. Prof. Dr. C. Wedl.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. October 1858.)

Es haben sich vor Allen englische Naturforscher wie Bowerbank, Carpenter, Gray, Quekett u. A. mit dem Studium der Structurverhältnisse von Molluskenschalen abgegeben, und es hat insbesondere Carpenter [1]), der dem Gegenstande nähere Aufmerksamkeit geschenkt hat, gefunden, dass die Schalen von Bivalven zuweilen von Röhren oder Canälen durchsetzt werden, die ihrem äusseren Ansehen nach nicht unpassend mit den Zahnkanälchen verglichen werden können. Ihre Richtung und Vertheilung fand er sehr veränderlich in den verschiedenen Gattungen. Er bildet ein unregelmässiges Netzwerk von Röhren ab, das er an der gelben Aussenschichte parallel der Oberfläche bei *Anomia Ephippium* gefunden hatte (Fig. 415). Solche Röhren, welche übrigens auch einen geradlinigen Verlauf annehmen können, traf er bei *Cleidothaerus chamoides*, *Lima scabra* und bei verschiedenen Arten von *Arca*, *Pectunculus*, *Chama*. Schliesslich drückt er sich folgendermaassen aus: „Dass diese

[1]) Cyclopaedia of anatomy and physiology edited by R. Todd, art. shell. Volum. VI pag. 561.

Röhren nicht blosse Canäle oder Aushöhlungen in der Schalensubstanz sind, wird durch den Umstand bewiesen, dass sie häufig in der entkalkten Schale sehr deutlich zu sehen sind. Sie bieten oft bei ihrem rosenkranzartigen Ansehen Anzeichen eines zellenartigen Ursprunges, als ob sie durch Verschmelzen von in einer geraden Richtung an einander gereihten Zellen gebildet worden wären. Sie sind im Allgemeinen sehr zahlreich in Schalen, deren Aussenseite ein blätteriges oder gerifftes Ansehen hat. Sie sind übrigens keineswegs an derartig gestaltete Schalen gebunden, auch sind sie nicht allgemein in denselben anzutreffen". Queckett[1]) findet, dass die vielverzweigten Röhrchen sehr das Ansehen von Conferven darbieten, und unterscheidet zweierlei Arten von Röhrchen, dickere und dünnere. Auch weist er darauf hin, dass Conferven sehr oft in dem Skelette der Korallen vorkommen (l. c. S. 153, Fig. 78). Nichts desto weniger schliesst er sich aber der Ansicht Carpenter's an, dass die Canälchen in irgend einem Zusammenhange mit der Ernährung der Schale stehen, und in der That eine ähnliche Verrichtung wie die Zahncanälchen haben (l. c. S. 277).

C. Th. von Siebold[2]) erwähnt die Canälchen bei einigen Bivalven und vergleicht sie einerseits mit den Zahncanälchen des Zahnbeins, anderseits mit den Knochenkörperchen. Kölliker[3]) findet, dass die röhrigen Bildungen in gewissen Muschelschalen sehr an die Porencanälchen der Chitingebilde der Gliederthiere erinnern. „Ich meine, sagt er, hier nicht die Röhren der Terebrateln, die offenbar eine ganz andere Bedeutung haben, wohl aber die Röhrchen von *Lithodomus*, *Arca*, *Pectunculus*, *Nuculas*, *Cardium* u. A., die wie ich aus eigener Erfahrung weiss, sehr an diejenigen anderer Cuticulargebilde erinnern, nur dass sie spärlicher sind, so dass kaum mehr als ein Röhrchen auf den Bereich der von einer Zelle ausgeschiedenen Substanz fällt. Diese Röhrchen, die Flüssigkeit enthalten, und deren Durchmesser zwischen $^1/_{5000}$ bis $^1/_{20000}$ Zoll schwankt, setzen entweder nur durch gewisse Lagen oder durch die ganze Schale *(Arcaceae)* und öffnen sich ganz deutlich an einer oder beiden Flächen. Dagegen weiss ich von meinem Standpunkte aus

---

[1]) Lectures on histology. Volum. II. pag. 276.

[2]) Lehrbuch d. vergl. Anatomie der wirbellosen Thiere. S. 244.

[3]) Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft in Würzburg. Bd. VIII. S. 62.

die anastomosirenden, horizontal ausgebreiteten feinen Canälchen der Schalen von *Chama*, *Lima*, *Anomia* und *Cleidothaerus* vorläufig nicht zu deuten.“ Auch Leydig [1]) scheint die Canälchen den Porencanälchen zu parallelisiren.

In der vorliegenden Abhandlung soll nun gezeigt werden, dass die in manchen Muschelschalen vorkommenden sogenannten Canäle (ein Ausdruck, den ich übrigens im Laufe der Abhandlung beibehalten habe) etwas Accessorisches, nicht der Structur der Schale Angehöriges seien, mit anderen Worten, eine parasitische Bedeutung haben, und zwar ein sehr zartes Tanggewebe vorstellen. Es sind nicht blos noch lebende Bivalven, sondern auch Univalven, ebenso wie fossile Muscheln und Schnecken in das Bereich der Untersuchung bezogen worden.

Durch die Güte der Herren Directoren Dr. Hörnes und Regierungsrath V. Kollar und des Herrn Pareyss war ich in die Lage versetzt, eine ziemliche Anzahl von Schalthieren in Beziehung der Canalisation zu untersuchen. Ich werde mich vorzugsweise auf diese Richtung beschränken, anderseits aber nicht umhin können, auf die Structurverhältnisse hinzuweisen, da mit diesen die Art und Weise der Vertheilung der Canäle, ja vielleicht zum Theil das Vorkommen der letzteren überhaupt im Zusammenhange steht. Das Eingehen in die Structurverhältnisse ist namentlich bei den fossilen Schalthieren nothwendig, da die Vertheilung, das stellenweise Fehlen der Canäle, deren ungleichförmiger und unregelmässiger Verlauf die Momente sind, welche bei den meisten fossilen Schalthieren den alleinigen Anhaltspunkt abgeben, dass man es auch hier mit parasitischen Bildungen zu thun habe. Die organische Grundlage der Schalen, also auch die Membran der Algenzellen ist meist zu Grunde gegangen, und somit eine Isolirung der letzteren in den meisten Fällen zur Unmöglichkeit geworden.

Was die Untersuchungsmethode anbelangt, so habe ich nur zu erwähnen, dass es vortheilhaft ist, die herausgeschnittenen Plättchen von der Fläche aus langsam zu ätzen, was mit einem auf einer Glasplatte ausgebreiteten Tropfen 4—6fach verdünnter Salzsäure leicht auszuführen ist. Man gewinnt hiebei den doppelten Vortheil, einmal

---

[1]) Lehrbuch der Histologie. S. 108.

die vom Schleifen anhängenden Kalktheile und die durch das Schleifen erzeugten feinen Riffe wegzuschaffen, und zweitens eine genauere Einsicht in die Schichtungen zu erhalten. Die Ätzung an den Schalen theils lebender, theils fossiler Mollusken wurde von Leydolt [1]) in Anwendung gebracht, um das rhomboedrische und prismatische Kalkhaloid daselbst nachzuweisen; er hat hiezu concentrirte Essigsäure empfohlen. Es wurde dieselbe auch von mir zu besonderen Zwecken mit Nutzen verwendet.

Ich will nun gleich zum speciellen Theile übergehen und mit den Schalen noch lebender Muscheln beginnen. Betrachtet man einen Flächenschnitt, von der Innenseite einer *Arca Noae* entlehnt, so ist man von der grossen Menge der in mannigfacher Richtung sich durchkreuzenden Canäle überrascht. Der Querdurchmesser derselben schwankt zwischen 0·002 — 0·006 Millim. Es lassen sich hauptsächlich zweierlei Canäle unterscheiden, solche, welche in ihrem mehr geradlinigen Verlaufe mit schwach angedeuteten seitlichen Excursionen eine beträchtliche Strecke lang keine Dichotomirungen zeigen, und andere, die sich in einer kurzen Strecke mehrmals dichotomiren (Fig. 1) und meist auch stärkere wellenförmige Biegungen machen. Die Canäle sind stets sehr scharf contourirt mit einer gewöhnlich hellen Lichtung. Bei der mannigfachen Richtung ihres Zuges trifft man sie an einem Schnitte der Länge und der Quere nach verlaufend. Ihre Vertheilung kann man keine regelmässige nennen, da sie an verschiedenen Stellen beträchtlichen Variationen unterliegt. Eine netzförmige Anordnung ist nur bei niederen Vergrösserungen scheinbar und löst sich bei stärkeren in sich theilweise deckende, vielfach dichotomirte Zweige auf; von einer Maschenbildung konnte ich nichts beobachten.

Eine bloss durch Ätzung präparirte Lamelle einer solchen Schale präsentirt sich als ein System von verschiedenartig abgestutzten Krystallen, welche bei durchgehendem Lichte ein blätteriges Gefüge zeigen (Fig. 2). Diese Systeme von Krystallplättchen liegen in den Hohlräumen einer nach Kost chitinisirten Membran mit areolärem Typus (Fig. 3). Derartige areolirte Membranen wechseln mit bloss in der Fläche ausgebreiteten ab, und es sind letztere insbesondere gegen die Innenseite der Schale mehr vertreten. Diese Mem-

[1]) Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. XIX. S. 31.

branen geben, wenn sie in mehrfachen Schichten über einander gelagert sind, ein Hinderniss ab, um an der entkalkten Schale die zwischengelagerten organischen Gebilde mit Präcision allenthalben verfolgen zu können. Fertigt man sich jedoch einen sattsam dünnen Schnitt an oder zerlegt man den entkalkten dickeren Schnitt, so hält es durchaus nicht schwer, sich eine klare Einsicht in die besagten organischen Gebilde zu verschaffen. Es sind deren mehrerlei, und zwar vorerst birn- oder keulenförmige, auf einem gemeinschaftlichen Stamme seitlich aufsitzende Zellen (Fig. 4 *a*), welche wohl auch solitär mit einem kürzeren oder längeren Stiele vorkommen. Derartige Zellen, die ich als gestielte Zellen bezeichnen möchte, mit Jodtinctur behandelt, zeigen eine ganz eclatante Amylumreaction. Eine solche lässt sich auch mit Jodtinctur an feinen entweder gar nicht oder nur theilweise entkalkten Durchschnitten wahrnehmen. Die gestreckten rechteckigen Zellen grösseren Calibers (*b*) stecken in einem gemeinschaftlichen cylindrischen Schlauche, reihen sich kettenartig an einander und enthalten nicht selten in ihrem Innern eine oder zwei Gruppen von Körnern, die jedoch meist im geschrumpften Zustande sich befinden und statt der grünlichen Färbung meist eine tiefgelbe, braungelbe oder braunröthliche angenommen haben. Die gestreckten Zellen schmalen Calibers (*c*) verfolgen, wie die vorigen, einen mehr geradlinigen Verlauf und erreichen einen so kleinen Querschnitt, dass die Querabtheilungen entschwinden. Endlich ist noch einer vierten Reihe von vielfach dichotomirten, wurzelähnlichen Ausläufern zu gedenken (*d*), welche einen sehr geschlängelten Verlauf zeigen und abgerundet endigen. Sämmtliche Zellengebilde nehmen mit Jodtinctur behandelt eine auffällig braune Färbung, leisten Schwefelsäure und Ätzkalilösung Widerstand. Ich konnte nie anastomisirende, zu einem Maschenwerke sich vereinigende Zweige beobachten.

Diese in der Schale befindlichen organischen Gebilde, deren Algennatur nach dem Gesagten wohl keinen Zweifel übrig lässt, unterliegen an manchen Stellen einer retrograden Metamorphose oder Nekrose. Es giebt sich dieselbe an senkrecht auf die Oberfläche geführten Schnitten durch undeutlich begrenzte, braunröthliche oder braunschwarze Fleckchen zu erkennen, welche gegen die Aussenseite der Schale zu Tage treten und bei der mikroskopischen Analyse sich als eine Pigmentmetamorphose des Inhaltes der Algenzellen erweisen. Es sind die gestreckten Zellen entweder ganz oder

theilweise mit zu dunkel braungelben Klümpchen verklebten Pigmentkörnern erfüllt. Es liegt übrigens ein solches Pigment auch frei, d. h. nicht in Zellen eingeschlossen zu Tage, und dürfte wohl durch den Zerfall der nekrotisch gewordenen Zellen frei geworden sein. Es sind derartige Pigmentirungen der Schale nicht zu verwechseln mit jenen ihrem physiologischen Zustande zukommenden.

Das Zustandekommen einer Nekrose der Algenzellen ist übrigens bei *Arca Noae* leicht begreiflich, da eine solche colossale Menge von derartigen parasitischen Pflanzen mit ihren reichlich verzweigten Ausläufern in der Schale eingebettet vorkömmt, dass hier wohl derselbe Fall eintritt wie bei vielen anderen parasitischen Bildungen; es ist das Missverhältniss zwischen Productivität und Ernährung der Zelle, welches das Absterben der letzteren herbeiführt.

In der Schale von *Pecten Jacobaeus* finde ich die Canäle weniger zahlreich als bei *Arca*; auch sind sie dünner und erreichen kaum einen Querdurchmesser von 0·004 Millim. Sie sind von aussen bis gegen die innere Oberfläche hin zu verfolgen und durchkreuzen sich, wie aus der Zeichnung (Fig. 5) hervorgeht, ohne Rücksicht auf die Lamellensysteme des kohlensauren Kalkes, in verschiedenen Richtungen. Zieht man mit Salzsäure die Kalksalze aus, so lassen sich leichter gegen die äussere geriffte Fläche hin die wurzelähnlichen Endigungen der Alge darstellen (Fig. 6), während gegen die Innenseite hin die areoläre und streifig lamellöse Membran der Isolirung der Algen ein Hinderniss in den Weg legte.

Es ist eine sehr zu betonende Sache, dass in anderen Muschelschalen die Canäle gänzlich vermisst werden. So konnte ich in einem *Cardium*, *Solen*, einer *Pinna* aus dem Golfe von Triest bei sorgfältiger Untersuchung auch nicht einen Canal finden. *Meleagrina margaritifera* hatte wohl noch an ihrer Aussenseite wohlerhaltene Algenreste, allein von einem Canal war in verschiedenen Durchschnitten auch nicht die Spur vorhanden. Ich weiss wohl nicht einen bestimmten Grund für dieses negative Verhalten anzugeben, glaube jedoch auf einen Umstand aufmerksam machen zu müssen, der vielleicht von einiger Bedeutung für die Möglichkeit des Hineinwachsens von parasitischen Algen ist. Es ist mir nämlich aufgefallen, dass die äussere chitinisirte Schalenhaut von Cardium und Solen verhältnissmässig sehr dick ist, dass die Prismen- oder Säulenschichte von Pinna und Meleagrina aus einem Systeme von horizontalen Kalk-

lamellen zusammengesetzt ist, von welchen Systemen jedes von einer derben Membran umzogen ist [1]).

Ein gleichfalls negatives Resultat in Bezug der Canäle ergaben diejenigen Süsswassermuscheln, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, und zwar *Anodonta cygnea* [2]), *Pisidium obliquum*, *Cyclas cornea*, *Tichogonia polymorpha*, *Nuculina donaciforme*. Alle 5 Muscheln besitzen stark entwickelte, theilweise pigmentirte chitinisirte äussere Schalenhäute, welche bei Cyclas und Nuculina mit Reihen von sehr kleinen Wärzchen besetzt sind. Anodonta hat bekanntlich eine ziemlich dicke Säulenschichte gegen aussen, deren Säulen einen dicken chitinisirten Überzug ganz wie bei Pinna und Meleagrina aufweisen.

Die Schalen von Gasteropoden scheinen ein reichhaltigeres Material in Bezug der parasitischen Algen zu bieten. So finde ich bei einem *Murex* die sogenannten Canäle in erstaunlicher Menge; es sind dieselben bis gegen die innere Oberfläche der Schale in der Fig. 7 angegebenen Weise zu verfolgen. Im Allgemeinen sind sie etwas schmäler als bei *Arca Noae*; man misst viele mit einem Querdurchmesser von kaum mehr als 0·0015 Millim. Ihr scharfer Contour deutet schon darauf hin, dass die röhrenförmig eingeschlossene Substanz mit einem Kalkcylinder umgeben sei. Zieht man zur näheren Erforschung der Sachlage an einem sehr dünnen zugeschliffenen Plättchen die Kalksalze mit stark verdünnter Salzsäure oder mit Essigsäure langsam aus, so lässt sich die Lösung des Kalkcylinders und das Hervortreten der Algenzellen verfolgen. Es sind wieder mehr weniger birnförmige gestielte Zellen (Fig. 8 *a*), welche nicht selten eine (*a'*) oder mehrere buckelartige Hervorragungen und einen mit Jodtinctur sich violett färbenden Inhalt zeigen; sie sitzen gleichfalls auf gestreckten, kettenartig an einander gereihten Zellen, die häufig an einer Stelle eine papillöse Excrescenz als eine seitliche Verlängerung besitzen. Diese Excrescenz erscheint nach und nach als ein schlauchartiger Fortsatz mit abgerundetem Ende, der für sich

---

[1]) Man vergleiche was über die Structur der Säulen von Carpenter (l. c. S. 558 und 559) mitgetheilt ist.

[2]) Leydig (l. c. 108) spricht von sehr deutlichen Porencanälen der Schale von den aus den Kiemen genommenen Jungen der *Anodonta cygnea*. Ob diese Porencanäle den Carpenter'schen Schalencanälen gleich zu stellen seien, ist wohl sehr zu bezweifeln.

wieder papillen- oder knospenähnliche Fortsätze treibt. Durch das Hervorwachsen von vielen derartigen Fortsätzen in kurzen Zwischenräumen entstehen jene ramificirten Formen, wie sie in Fig. 8 *b* und Fig. 4 *d* abgebildet sind.

Die mützenförmige Schale von *Fissurella graeca* ist von einer Unzahl von Canälen in ihrer ganzen Dicke durchzogen. Dieselben sind ohne ein besonderes System durch einander geworfen. Dies wird sehr übersichtlich bei niederer Vergrösserung (Fig. 9). Man beobachtet auch schmutzig braune, irreguläre, undeutlich begränzte Flecken (*a*), welche sich bei näherer Analyse als Agglomerate von feinkörnigem Pigment erweisen. Es sind daselbst zuweilen Gruppen von platten Zellen mit einem hellen Kerne nachzuweisen, welche wohl den pflanzlichen Parasiten beigezählt werden dürften. Die Canäle sind meist feineren Calibers und übersteigen kaum einen Durchmesser von 0·002 Mm.; ihre Vertheilung steht ohne allen Zusammenhang mit der Lagerung der Lamellen der Schale, mit anderen Worten ihr Lauf ist ganz unabhängig von den Lagerungsschichten, wie dies sehr feine, schwach geätzte Schnitte darthun.

Gegen die äusseren Schichten der Schale, also in der Substanz der letzteren finde ich sowohl bei *Arca*, als auch bei *Murex* und *Fissurella* grössere incrustirte Algenschläuche, welche ich jedoch nicht in die Abbildungen aufgenommen habe, da es mir nicht gelungen ist, einen directen Zusammenhang zwischen ihnen und den sogenannten Canälen der Schalen nachzuweisen. Es sind jene grossen Algenschläuche gleichfalls parasitische Gebilde, die an manchen Stellen gänzlich fehlen, während sie an anderen in Gruppen beisammenstehen.

Dass zwischen der Art und Weise der Lagerungsschichten und den Canälen keine innigere Beziehung stattfindet, wie vorhin angegeben wurde, geht sehr deutlich aus der Betrachtung des Querschnittes eines Stachels von *Aporrhais pes Pelecani* hervor. Geht man von der Rindensubstanz des Stachels aus, so stösst man hie und da auf Gruppen von bogenförmig verlaufenden Canälen, wobei die Convexität gegen die Axe des Stachels gerichtet ist. Man beobachtet aber auch hie und da einen Canal, der eine längere Strecke weit in mehr weniger schiefer Richtung gegen die Axe hin zu verfolgen ist und die scharf gezeichneten concentrischen Schichten unter verschiedenen Winkeln durchsetzt.

Ein sehr dankbares und instructives Object geben die dickschaligen *Coni* ab. Die einfache Betrachtung der Bruchfläche der Schale gewährt schon die Überzeugung, dass ihre Structur von innen bis aussen wesentlich dieselbe ist, d. h. aus asbestartig glänzenden an einander gefügten Fäden besteht, deren äussere und innere Lagen mehr parallel gestellt sind, während die mittlere Lage schief gegen die Axe des *Conus* gerichtet ist. Ein senkrechter Querschnitt eines solchen aus dem rothen Meere ist, ungefähr von der Mitte des Kegels entlehnt, in Fig. 10 bei niederer Vergrösserung abgebildet. Es lässt sich hier die Anzahl, Richtung, Verbreitung der Canäle von aussen gegen innen mit einem Blicke in den verschiedenen Schichten übersehen; wie in der Rindenschichte (*a*) ihre Anzahl am dichtesten ist, so zwar, dass jene als Beet für die Schmarotzeralgen betrachtet werden kann, wie sie in die äusseren Schichten (*b*, *b*) unter den mannigfaltigsten Richtungen eindringen, die mittlere Schichte (*c*) durchsetzen, die sich zwischen die Schichten *b* und *d* einschiebt, um endlich die innersten Schichten (*e*) zu durchdringen und knapp an die innere Oberfläche zu gelangen. Die genauere Beobachtung lehrt nun hierüber Folgendes: Die hie und da büschelförmig gruppirten Algenröhren (Fig. 11 *a*) besitzen einen Querdurchmesser von 0·004 — 0·005 Mm. im Durchschnitt, sind scharf contourirt und endigen gegen innen zu abgerundet, nicht selten mit einer knopfförmigen Anschwellung. Querabtheilungen, entsprechend den an einander gereihten Zellen, lassen sich an den noch incrustirten Algenröhren nur unter günstigen Umständen wahrnehmen. Von besonderem Interesse sind die der ovalen (*b*) rundlichen Form sich nähernden, mit mehreren höckerartigen Hervorragungen häufig versehenen Zellen, die von der einen oder anderen Seite oder von beiden Seiten lange Fortsätze aussenden. Die ovalen Zellen haben einen Längendurchmesser von 0·008 — 0·02 Mm. und darüber, die mehrfach höckerigen erreichen nicht selten einen Durchmesser von 0·06 Mm. Bei entsprechender Anwendung von verdünnter Salzsäure oder von Essigsäure lässt sich die Zellenmembran mit eingeschlossenen saturirt gelben Körnern wahrnehmen, welche Membran jedoch leicht bei der Entwicklung von Kohlensäureblasen berstet. Die langsam einwirkende Essigsäure dient auch zur Darstellung des Zellenkernes. Der Zug von den aus den soeben beschriebenen Zellen entspringenden röhrenartigen Bildungen erfolgt wohl hauptsächlich in

Ebenen, welche mehr weniger senkrecht auf die äussere Oberfläche des *Conus* stehen, es ziehen jedoch auch Canäle parallel mit der letzteren und senden dabei unter einem rechten Winkel abgehende Zweige gegen aussen und innen (*c*).

Nebst jenen Zellen mit den Ausläufern habe ich auch polygonale, in Häufchen beisammen stehende Zellen in der Corticalsubstanz durch Anwendung verdünnter Salzsäure gefunden, welche nach Einwirkung von Jodtinctur eine blaugraue bis violette Färbung erhielten.

Die Lagerungsschichten der Krystalle des kohlensauren Kalkes sind, wie in der Corticalsubstanz aus der Abbildung ersichtlich ist, unter senkrecht auf einander liegenden Ebenen gestellt und lassen sich, wie eben Leydolt (l. c.) nachgewiesen hat, mittelst Essigsäure am schönsten zur Anschauung bringen. Es nehmen sich die in Etagen über und in einander geschobenen Systeme von Krystallen wie ein Geflecht aus und werden in ihren Lagerungsverhältnissen am besten im polarisirten Lichte studirt.

Von dem weiteren Verlaufe der Canäle ist nur hervorzuheben, dass dieselben unter verschiedenen Winkeln mit der perpendiculär gestellten Schichte sich kreuzen, ja dass man sogar solche, wiewohl selten, antrifft, welche querüber, also unter einem rechten Winkel gegen die letztere gestellt sind. Die Systeme von Krystallplättchen, welche in senkrecht auf einander liegenden Ebenen sich in einander schieben, erscheinen je nach ihrer verschiedenen Lagerung bei durchgehendem Licht dunkler (Fig. 11 *d*) oder heller (*d'*), ähnlich wie die sehr platten Epidermiszellen der Haut im senkrechten Durchschnitt bald helle, bald dunkle Strata bilden, je nachdem sie mit ihrer flachen Seite gegen den Beobachter gekehrt sind oder in einer mehr weniger geneigten Stellung sich befinden. Im polarisirten Lichte gewähren die verschiedenen Lagerungsverhältnisse der Krystallplättchen eine überraschende Varietät von Farben.

Die in den scheinbaren Säulen eingeschobenen helleren Schichten (Fig. 10 *b'*), die jene unter einer senkrechten Ebene durchsetzen, zeigen dieselbe Schichtung und Stellung der Krystallplättchen-Systeme wie die Corticalsubstanz (Fig. 11 *a*), und es ist allerdings auffällig, dass der Verlauf der Canäle mit zahlreichen kurzen Zweigchen hier vorzugsweise nach der Horizontalebene geschieht. In den oben genannten inneren Schichten (Fig. 10 *c* und *e*) bleiben die

Lagerungsschichten der Krystallplättchen wesentlich dieselben wie in der Corticalsubstanz; die horizontale Streifung erscheint nur desshalb schärfer, weil die Masse im Allgemeinen compacter ist.

Bei genauerer Durchforschung der innersten Schichten tauchen auch dickere, mehrfach ramificirte Canäle auf, so dass es allen Anschein hat, es dringen nicht bloss, wie schon vorhin erwähnt, die Canäle von der äusseren Oberfläche gegen die innere, sondern es wachsen die verkalkten Algenröhren auch von innen gegen aussen. Bei einem nachher zu beschreibenden fossilen *Conus* tritt übrigens der letztere Umstand ganz deutlich hervor.

Von Gasteropoden mit glänzender, porcellanartiger Schale habe ich bloss *Cypraea pantherina* einer Untersuchung unterzogen, jedoch, wie es von vorne herein zu erwarten war, hinsichtlich der Algenröhren ein negatives Resultat erhalten.

In den Schalen der Süsswasserschnecken scheint das Vorkommen von parasitischen Algen geringer zu sein; ich habe nämlich von solchen bei *Lymnaeus stagnalis*, *Paludomus acuminatus* (Reeve), *Planorbis bruneus* (Gray), *Planorbis corneus* (Drap), *Melanopsis buccinoidea* (Fer.), *Physa castanea* (Lam.), *Planorbis marginatus* (Drap), *Melania spinulosa* (Lam.) nichts vorgefunden, *Melania Hollandrii* (Fer.) und *Neritina croatica* (Par.) besitzen wohl die Parasiten, allein soweit meine Beobachtungen reichen, nur in der Rindensubstanz der Schale. In einem äusseren Flächenschnitte von den zwei letztgenannten Schneckenschalen sehe ich die Röhrchen von einer gleichmässigen Dicke, kaum einen Durchmesser von 0·002 Millim. erreichen und ohne Dichotomirungen in der Substanz der Schale, jedoch nur bis zu einer gewissen Tiefe verlaufen. Lässt man verdünnte Salzsäure bis dahin einwirken, dass ein Theil der peripheren Substanz des zugeschliffenen Stückes aufgelöst ist, so hängen die Algenfäden von dem nicht aufgelösten Stücke der Schale heraus, wie es in Fig. 12 von *Melania Hollandrii* gegeben ist. Man kann sodann leicht sich überzeugen, dass das in der Schale verlaufende Canälchen mit seinem scharf markirten Contour sich unmittelbar in den heraushängenden Faden fortsetzt, der blass contourirt und hie und da mit wahrnehmbaren Querabtheilungen, den Kettenreihen der Zellen entsprechend, versehen ist. Die melanotischen Körner sind gruppenweise in der Substanz der Schale vertheilt, bald mehr, bald weniger vertreten und gewähren

der letzteren schon für das blosse Auge besonders in manchen Exemplaren die dunkelgraue, bis ins Schwarze hinüberziehende Färbung.

Es haften an der Aussenseite der Schalen von Süsswasserschnecken zuweilen grosse Mengen von Algenzellen, ohne dass sie in die Substanz der Schale eindringen; so sehe ich an der Aussenseite der Schale eines *Planorbis marginatus* (Drap.) weit verbreitete Gruppen von abgeplatteten, polygonalen Zellen und strahlenförmige Büschel von zarten aus Kettenreihen von Zellen bestehenden Fäden, während es mir nicht gelungen ist, dieselben in das Innere der Schale zu verfolgen.

Die von den Autoren benannten Canäle haben in den fossilen Acephalen eine grosse Verbreitung. Aus der Ordnung der Brachiopoden habe ich *Leptaena lepis* (Übergangsformation) einer genaueren Untersuchung unterzogen. Die schon für das blosse Auge sichtbaren bekannten Poren werden von concentrisch verlaufenden Schichten umschlossen, die nicht unähnlich den Knochenlamellen eine helle Kalkmasse einschliessen (Fig. 13 *a*, *a*). Diese Poren stehen in gleichmässigen Abständen, dringen schief in die Substanz der Muschel, ohne sie jedoch zu durchdringen; sie scheinen mir blind zu endigen. Ohne mich in ein nicht hieher gehöriges Detail einzulassen, will ich bloss bemerken, dass zwischen den Poren an manchen Stellen sehr zahlreiche, an anderen Orten fehlende Canäle sich durchkreuzen (Fig. 13 *b*), die bei einem Querdurchmesser von 0·006 — 0·008 Mm. hie und da Querabtheilungen zeigen und häufig in ihrer Lichtung ein oder mehrere ovale braunrothe bis braunschwarze Körner beherbergen. Ich habe mir viele Mühe gegeben, die Canäle auf ihre organische Grundlage zu prüfen, es ist mir jedoch nicht gelungen, eine solche nachweisen zu können, ich glaube aber dessen ungeachtet keinen Anstand nehmen zu dürfen, jene als parasitisches Tanggewebe zu erklären, und zwar 1) wegen der Ungleichförmigkeit der Vertheilung, ja des stellenweisen gänzlichen Fehlens der Canäle, 2) wegen der vorhandenen Querabtheilungen, 3) wegen der Art und Weise ihres Verlaufes, ähnlich einem *Mycelium*; 4) selbst die pigmentirten grossen Körner in ihrem Innern erinnern ganz an die nekrotisch gewordenen Algenröhren in den Schalen von noch lebenden Muschelarten. Auch in der inneren Lage von *Productus horridus* beobachtet man schon bei niederer Vergrösserung nett abgegrenzte, schmutzig braungelb gefärbte, häufig sich dichotomirende Streifen

in der Substanz der Schale, welche Streifen sich bei näherer Betrachtung als Reihen von gelbbräunlich tingirten Körnern erwiesen.

Eine grössere Schwierigkeit hat es mit der Deutung der feinen Canäle von der inneren oder Perlmutterschichte einer fossilen *Nucula*. Fertigt man sich einen dünnen Flächenschnitt von dieser Schichte an, so ist man von der gleichmässigen Vertheilung von sehr feinen Canälen überrascht. Dieselben haben im Durchschnitt einen Durchmesser von 0·001 Mm. und gehören zu den feinsten, welche ich überhaupt in Schalen angetroffen habe; sie lassen kaum mehr eine Lichtung wahrnehmen. Die Innenseite der Schale wird von ihnen durchbohrt und zwar nicht bloss die helleren, kreisförmig abgegrenzten Substanzen, sondern auch die zwischengelagerten werden mannigfach von ihnen durchsetzt (Fig. 14). In den ungemein zarten Säulenschichten, welche als kleine Polygone im Querschnitt erscheinen, nehmen sie ihren zickzackförmigen Verlauf, hie und da einen Zweig abschickend. Sie sind jedoch nur eine Strecke weit in die Schalensubstanz von innen her zu verfolgen und an der dicken äusseren gerifften Schichte gar nicht anzutreffen.

In der äusseren Schichte einer fossilen *Arca* sehe ich eine grosse Menge von geradlinig verlaufenden Röhren, welche von aussen nach einwärts ziehen, wie dies ein senkrechter Längenschnitt darthut (Fig. 16); sie durchkreuzen die streifenartigen Lager des kohlensauren Kalkes und sind nicht selten theils mit solitären, ovalen oder agglomerirten braunschwarzen Pigmentkörnern, eben wie bei *Leptaena*, streckenweise erfüllt. Sie haben einen Querdurchmesser von 0·006—0·007 Mm. und sind (wenigstens an dem untersuchten Exemplare) gegen die innere Seite der Schale nicht mehr vorfindlich; hier machen sie Canälchen feinsten Calibers Platz, die in den verschiedensten Richtungen sich durchkreuzen, oft eine lange Strecke weit mit ihren unregelmässigen, seichten, wellenförmigen Excursionen ohne oder mit wenigen Dichotomirungen zu verfolgen und im Allgemeinen weniger zahlreich als die dickeren vertreten sind. Die letzteren kommen übrigens auch in den reihenweise geordneten Schlosszähnen vor, wo sie wegen der nothwendigen Dünne des Schliffes nur in kurzen Strecken zu beobachten sind, jedoch vollkommen die Eigenschaften der Canäle der äusseren Schalenschichten an sich tragen.

An der Schale von *Spondylus crassicosta* (Lam.) unterscheidet man zweierlei Substanzen, eine äussere, dickere, im Bruche knorrig aussehende und eine innere dünnere, streifig lamellöse. Die erstere Substanz besteht aus Krystallbüscheln von kohlensaurem Kalk, welche gegen die eine Seite divergiren, gegen die andere convergiren und dachziegelförmig über einander geschoben sind. Zwischen diese Systeme von Krystallen schieben sich nun die Canäle, welche von sehr differentem Volumen sind. Ihr Querdurchmesser wächst bis 0·010—0·014 Mm.; sie sind dabei mit einer braunschwarzen zuweilen körnigen oder verschwommenen Masse erfüllt. Bifurcationen unter spitzen Winkeln scheinen nur selten vorzukommen. Canäle feineren Calibers befolgen wesentlich denselben Verlauf (Fig. 17). Sehr feine Schnitte der inneren Schalenschichte zeigen, wenn sie mit Essigsäure behandelt werden, unter rechten Winkeln in einander geschobene Systeme von Krystallnadeln, zwischen welchen Systemen die Canäle in verschiedenen Richtungen ihren gestreckten Verlauf nehmen. Mit der letztbenannten Säure lässt es sich auch deutlich, da sie langsamer einwirkt als die Salzsäure, nachweisen, wie die entwickelten Gasblasen von Kohlensäure aus den Canälen hervorschlüpfen, nachdem sie in der Lichtung des Canales gegen dessen Schnittöffnung vorwärts gedrängt worden sind. Es unterliegt somit wohl keinem Zweifel, dass der kohlensaure Kalk auch in die Canäle abgelagert wird. Dieselben durchziehen auch und zwar bis zum dicksten Caliber die Schlosszähne (Fig. 18). Es wird sich bei ausgedehnteren Untersuchungen hinsichtlich der dickeren Algenstämme wohl ermitteln lassen, ob dieselben nicht der Gattung *Saprolegnia* (Nees ab Esenbeck) einzuverleiben sind.

Ein belehrendes Beispiel von unordentlichem Durcheinandergeworfensein der Canäle gibt ein von der Aussen- und Innenfläche zugefeiltes und weiterhin präparirtes Stück eines fossilen *Pectunculus* (Fig. 19). Die wellenförmigen scharfen Begrenzungen werden durch die in kurzen Abständen dachziegelförmig über einander geschobenen Systeme von sehr feinen nadelförmigen Krystallen gebildet, die mit büschelförmig angeordneten Systemen sich durchkreuzen. Zwischen den benannten Systemen liegen nun die Canäle unter den mannigfachsten Richtungen die ersteren durchsetzend; sie überschreiten kaum einen Querdurchmesser von 0·003 Mm., sinken jedoch auch unter die Hälfte dieses Durchmessers. Dichotomirungen sind häufig.

In einer fossilen Venusschale finde ich ein colossales Gewirre von Canälen, das insbesondere in der äusseren oder gerifften Schichte vertreten und gegen die innere horizontal-lamellöse in der Abnahme begriffen ist. Bei der mannigfaltigen Durchkreuzung der Canäle habe ich auch spiralige Drehungen von ihnen gesehen (Fig. 20). Was die gegen die Corticalsubstanz der Schale eingestreuten melanotischen Körner anbelangt, so habe ich nur zu erwähnen, dass sie es sind, die die dunkelgraue Färbung der Schale bedingen. Sie liegen theils solitär, theils agglomerirt zu rundlichen Plaques eingestreut vor. Herr Privatdocent Dr. Schauenstein, den ich um chemische Prüfung dieser Körnermasse ersuchte, sprach sich dahin aus, dass sie als thierisches Pigment zu betrachten sei.

Einen schönen Beweis, dass die Canalisation sich nur auf die Rindenschichte der Schale beschränken kann und ganz und gar in den übrigen Schichten vermisst wird, liefert *Lucina Columbella* (Lam.). Auch bei einer grösseren nicht näher bestimmten Art von *Lucina* sehe ich bei einer stark entwickelten inneren Säulenschichte daselbst keine Canäle.

Cardita zeigt ein ähnliches Verhalten der Canäle wie *Pectunculus*.

Ein negatives Resultat in Bezug der Canäle liefert die Aussenschichte der Brachiopoden *Terebratula reticularis* Gmel. = *Spirigerina reticularis*, die von einem sehr zarten Lamellensysteme gebildet wird.

Von fossilen Lamellibranchiaten, bei denen ich keine Canäle nachweisen konnte, sind eine *Ostrea*, *Gryphaena navicularis*, *Congeria subglobosa* (Partsch) und *Cardium plicatum* (Goldf.) untersucht worden. Es ist hierbei von Interesse, dass auch Carpenter bei frischen *Ostreae* nichts von Canälen erwähnt, und dass in Bezug der zwei letztbenannten Süsswassermuscheln eine Übereinstimmung mit den lebenden fünf untersuchten Arten herrscht, die, wie oben erörtert, keine Canäle enthalten.

Bei den fossilen Gasteropoden haben sich die Canäle gleichfalls zahlreich vorgefunden und zwar bei *Conus*, *Ancillaria glandiformis* (Lam.), *Ranella marginata* (Sowerby), *Turbo rugosus*, *Buccinum*, *Neritopsis*. Die Canäle sind meist an der Rindenschichte am häufigsten, können übrigens auch von der Innenseite der Schale ihren Ausgangspunkt nehmen. Ein senkrechter

Längendurchschnitt eines *Conus* zeigt im Vergleich mit dem vorhin beschriebenen, in Fig. 10 abgebildeten senkrechten Querschnitte ein entgegengesetztes Verhalten, d. h. die an der Bruchstelle unterscheidbaren Streifen sind gegen aussen (*a*) und gegen innen (*c*) in den Schnitt gefallen, während die mittleren (*b*) unter einem rechten Winkel getroffen wurden. Es gewinnt die Vorstellung dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass die Schale aus bandartigen, in einander gefügten Streifen von krystallisirtem kohlensaurem Kalke bestehe, welche in den Mittellagen der Schale eine Drehung erleiden, so dass bald ihre breite, bald ihre schmale Seite je nach der Schnittrichtung dem Beobachter zugekehrt ist.

Es sind an diesem Präparate schon bei niederer Vergrösserung gegen die Aussen- und Innenseite dunkle Flecken wahrzunehmen, die sich bei stärkerer Vergrösserung als nett abgegrenzte, runde, ovale mit einer stielartigen Verlängerung oder mit mehrfachen Ausbuchtungen versehene dunkle Räume zu erkennen geben und, was insbesondere wichtig ist, die Ausgangspunkte der Canäle sind, gerade so wie dies früher von dem noch lebenden *Conus* dargethan wurde (vergl. Fig. 11 *b*). Die Canäle begeben sich weiters in ihrem unregelmässigen Verlaufe in die mittleren Schichten der Schale von aussen und innen.

Von der Canalisation sind auch die Deckel der Gasteropodenschalen nicht ausgenommen; so finde ich in dem Deckel von *Turbo rugosus* ein buntes Gewirre von Canälen.

Es wurden die Canäle vermisst bei einer *Aporrhais*, einem *Vermetus* und zwei Süsswasserschnecken, *Melanopsis Martiniana* (Fer.) und *Melanopsis Bouéi* (Fer.). Es war jedoch für den Verlauf meiner Untersuchungen von Belang, dass es mir bei *Vermetus* gelungen ist, an dem mit verdünnter Salzsäure bis zu einem gewissen Punkte behandelten Schnitte ramificirte und kettenförmig an einander gereihte Zellen hie und da wahrzunehmen, welche Säuren und Alkalien Widerstand leisten und in ihrem morphologischen Verhalten auch ganz mit den bei *Arca*, *Pecten*, *Murex* isolirten Algen übereinstimmen (Fig. 21). Es fehlt wohl freilich bei dieser Beobachtung das eine wichtige Moment, nämlich die Fortsetzung der isolirten Algenstämmchen in die Canälchen, da aber diese, wenn sie nicht in ziemlicher Anzahl vorhanden sind, insbesondere bei den verkreideten Thierresten, wegen der leichten Zerreiblichkeit schwer

darzustellen sind, so glaubte ich dessen unerachtet diese Beobachtung aufnehmen zu sollen.

Es schliesst sich an die letztere eine ganz analoge an, die nicht an einem Gasteropoden, sondern an *Nullipora* gemacht wurde. Auch hier sieht man bei derselben Manipulation aus den concentrisch geschichteten Kalkmassen zuweilen an vielen Stellen ramificirte Zellenketten heraushängen, die mit kleinen knopfförmigen Anschwellungen endigen (Fig. 22). Es sind dies feine 0·001 — 0·002 Mm. breite Fäden. Unger [1]) beschreibt regelmässig angeordnete Ketten von grösseren Pflanzenzellen in *Nullipora ramosissima* (Reuss), welche ihn wegen ihrer anderweitigen Eigenschaften bestimmten, die *Nullipora* als Alge ebenso wie Philippi [2]) zu erklären.

Die allgemeinen Gesichtspunkte, unter welche die mitgetheilten Untersuchungen zu stellen sind, lassen sich in Folgendem zusammenfassen.

Die in den Schalen von manchen Acephalen und Gasteropoden als Canäle bezeichneten röhrenartigen Gebilde sind keine Canäle in der eigentlichen Bedeutung des Wortes, sondern von parasitischen, den Conferven angehörigen Algen ausgefüllte Hohlgänge. Der Hauptbeweis hiefür liegt darin, dass der Zusammenhang der sogenannten Canäle mit kleinen Hohlräumen nachgewiesen ist, welche letztere mit Kernen versehene mit Jodtinctur die Amylumreaction zeigende, gestielte Zellen beherbergen. In den Canälen selbst liegen die kettenförmig an einander gereihten mit Jod sich lebhaft bräunenden Zellen, die durch seitlich aufsitzende zu einem vielfach ramificirten Tanggewebe sich heranbilden. Es machen übrigens schon mehrere andere Umstände darauf aufmerksam, dass die Canälchen keine physiologische Bedeutung haben und nicht der Schale als solcher zukommen, ich meine den gänzlichen Mangel derselben in vielen Schalen, ihr unregelmässiges Vorkommen, ihre quantitativ ungleiche Vertheilung an verschiedenen Stellen derselben Schale, ja ihren gänzlichen Mangel an manchen Stellen gegenüber der reichlichen Entwicklung an anderen.

Bedenkt man, dass mikroskopische parasitische Algen kein seltener Befund in den dem Luftzutritt zugänglichen thierischen

[1]) Denkschriften der kais. Akadem. der Wissensch. zu Wien. Bd. XIV, S. 23.

[2]) Wiegmann's Archiv für Naturgeschichte. 1837, Bd. I, S. 387.

Häuten sind und auch in Pflanzenzellen sich einnisten nach den Beobachtungen von A. Braun, Pringsheim, Schenk u. m. a., so ist es gerade nicht befremdend, dass in der Schale von Muscheln und Schnecken Pflanzenparasiten wuchern. Abgesehen davon, ob in der Schale selbst Zellen existiren, wie englische Forscher Bowerbank, Carpenter, Queckett behaupten, oder ob die Molluskenschalen blos durch eine Ausscheidung von Epithelzellen gebildet werden, welche die Aussenfläche des Mantels bedecken und somit den Cuticulargebilden angehören würde, wie Kölliker im Einklange mit C. Schmidt vorträgt, so steht doch so viel fest, dass ein sehr geregelter organischer Stoffwechsel hier stattfinde, dessen Endproducte einerseits die organische Grundlage der Schale, die chitinähnliche Substanz [1]), anderseits die lamellenweise angeordneten Krystalle von kohlensaurem Kalk sind. Der Gehalt an Wasser und atmosphärischer Luft in und zwischen den organischen und anorganischen Substanzen wird wohl hinreichen, um den zarten mikroskopischen Algen bei der Prolification ihrer Zellen Nahrungsstoff zu gewähren.

Bei dem Wachsthume der parasitischen Algen muss auch die Frage discutirt werden: Wachsen dieselben hinein auf eine selbstständige Weise oder werden sie beim Wachsthum der Schale durch die sich verschiebenden Schichten eingeschlossen? Obwohl die Möglichkeit, dass der Aussenwand der Schale angelagerte Algenzellen von den überwachsenden Schalenschichten überdeckt werden können, meines Erachtens namentlich für grössere Algen, nicht gänzlich negirt werden kann, so sprechen doch mehrere Umstände dafür, dass ein Hineinwachsen der Conferven stattfinde und zwar:

a) das Zerfallen eines Algenstammes in feinere und feinere Zweigchen, wobei die letzteren, jüngeren Formationen tiefer in die Substanz der Schale eindringen,

b) das zeitweilige Vorkommen von vielfach ramificirtem Tanggewebe auf einem kleinen Raume, unabhängig von den Lagerungsschichten,

c) die Thatsache, dass man ein und dasselbe Algenstämmchen ungeachtet des Wechsels der Schichten, also im Durchtritte durch dieselben verfolgen kann.

---

[1]) Schlossberger (allg. u. vergleich. Thierchemie S. 246) widerspricht der Ansicht von Kost, dass die organische Grundlage der Muschelschalen Chitin sei,

Es wird von allen bisherigen Beobachtern hervorgehoben, dass manche Gattungen von Molluskenschalen, und zwar deren nicht wenige, durchaus keine Canälchen besitzen. Obwohl ich zu demselben Resultate gekommen bin, glaube ich doch erinnern zu sollen, dass es nothwendig sei, mehrere Exemplare derselben Species von verschiedenen Standorten zu prüfen, um zu erfahren, inwieferne die letzteren einen Einfluss auf das Vorkommen und die Verbreitung der Algen, alias Canälchen haben. Es ist immerhin denkbar, dass Repräsentanten des einen Standortes parasitische Algen aufweisen, während sie in denen eines anderen Ortes fehlen. Obwohl also über das Ausgeschlossensein von manchen Gattungen noch vielfältigere Untersuchungen zu pflegen sind, so erlaube ich mir doch einige Andeutungen zu geben. Es scheinen ausgeschlossen zu sein:

a) die glatten Molluskenschalen, welche bei der spiegelnden Glasur ihrer Oberfläche den Algenzellen keinen Anheftungspunkt gewähren;

b) die mit einer dichteren chitinartigen Haut nach aussen hin überzogenen oder mit stark entwickelten horizontalen oder säulenförmigen Lagen von solchen Häuten versehenen Schalen.

Ein bemerkenswerther Umstand bleibt es ferner, dass bei lebenden und fossilen Süsswassermollusken das Vorkommen von Schmarotzeralgen in ihren Schalen ein seltenes, wenigstens nach den von mir bis jetzt vorliegenden Untersuchungen, ist.

Es lassen sich schon bei der einfachen Besichtigung der Aussenseite der Schale die Phytoparasiten vermuthen, wenn dieselbe eine schmutzig graue, grau grünliche, grau bräunliche Verfärbung zeigt, welche durch Waschen, Bürsten u. s. w. nicht zu entfernen ist. Ein blosser derartig gefärbter Beleg kann täuschen.

Wenn die Algen in sehr grosser Menge vorhanden sind, so erzeugen sie verschwommene Flecken in der Schale und zuweilen eine Art moleculären Detritus mit schmutzig brauner Färbung; geringere Mengen haben keine weiteren Structurveränderungen der Schale zur Folge.

Bei dem Hineinwachsen der Algenzellenketten zwischen die Schichten der Schale incrustirt sich ihre Oberfläche, und es treten desshalb die Gliederketten in der Schale mit scharfen Contouren hervor, welche Schärfe in den Umrissen bei den fossilen Schalen mit derselben Prägnanz erhalten ist. Es lassen sich daher bei letzteren

Studien über das Vorkommen und die Verbreitung der schmarotzenden Conferven ausführen, wenn es auch nicht mehr gelingt ihre Zellenmembranen darzustellen, indem dieselben ebenso wie das organische Schalengerüste in dem Versteinerungsprocesse untergegangen sind. In manchen Tertiarformationen sind übrigens die Confervenfäden nach Entfernung des kohlensauren Kalkes noch vorzufinden.

Es incrustiren sich auch die eine Amylumreaction zeigenden grösseren gestielten Zellen der Algen, wie dies leicht an frischen Schalen nachzuweisen ist, und dienen, wie dies auch an fossilen vorliegt, zum Ansatzpunkte für die Algenröhren.

Der Durchmesser der Röhren nimmt zuweilen bei den fossilen Muscheln ansehnlich zu; Querabtheilungen, den Algenzellen-Reihen entsprechend, lassen sich selten wahrnehmen, hingegen weisen die häufig in den dickeren Röhren liegenden braunrothen und braunschwarzen Körner auf eine Pigmentmetamorphose des Zelleninhaltes hin. In den Röhren der fossilen Schale ist kohlensaurer Kalk abgelagert.

Es ist endlich auch, namentlich bei den fossilen Schalen, in Erwägung zu ziehen, dass ein Hineinwachsen der Algen auch nach dem Tode des Thieres, wie z. B. bei *Saprolegnia ferox* (Kütz.) stattfinden kann.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Flächenschnitt von der Innenseite der Schale einer *Arca Noae* mit den gestreckten und vielfach ramificirten Canälen. Vergrösserung = 350.

„ 2. Geätzte Lamelle derselben Schale mit den Krystallplättchen. Vergr. = 350.

„ 3. Chitinisirte Membran mit areolärem Typus (organische Grundlage) von derselben Schale. Vergr. = 350.

„ 4. Die in den Canälen derselben Schale eingeschlossenen und durch Entkalkung präparirten Conferven: *a)* gestielte, auf einem gemeinschaftlichen Stamme aufsitzende, Amylumreaction zeigende Zellen; *b)* gestreckte rechteckige Zellen grösseren Calibers; *c)* ebensolche schmalen; *d)* vielfach dichotomirte, wurzelähnliche Ausläufer. Vergr. = 350.

„ 5. Sich mehrfach durchkreuzende feine Canäle von der Schale eines *Pecten Jacobaeus*. Vergr. = 350.

„ 6. Wurzelähnliche Endigungen der blossgelegten Alge von derselben Schale. Vergr. = 350.

„ 7. Vielfach verzweigte Canäle von der Schale eines *Murex*. Vergr. = 350.

„ 8. Die isolirten Algen von derselben Schale; *a a)* gestielte Zellen, Amylumreaction zeigend. Vergr. = 350.

„ 9. Sehr zahlreiche Canäle von der Schale einer *Fissurella graeca*. Vergr. = 40.

„ 10. Senkrechter Querschnitt ungefähr von der Mitte eines *Conus* aus dem rothen Meere; *a)* Corticalschichte mit zahlreichen Canälen, die bis an die Innenseite zu verfolgen sind; *b b)* bandartige, in einander geschobene, mit ihrer breiten Seite dem Beobachter zugekehrte Streifen; b^1) Demarcationslinie für die im Schnitt getroffenen Systeme; *c)* mittlere Schichten aus scheinbaren horizontalen Lamellen bestehend, welche durch die Drehung der bandartigen Streifen um 90° gebildet werden; *d)* eingeschobene die Lage von *bb* einhaltende Schichten; *e)* innerste Schichten. Vergr. = 40.

„ 11. Der äussere Theil desselben Schnittes: *a)* büschelförmig gruppirte Algenröhren; *b)* gestielte incrustirte Zelle mit dem nach innen zu verlaufenden Canale; *c)* horizontaler Ast, mit unter rechten Winkeln beiderseits abgehenden Zweigen; *d)* dunklere, d^1) hellere Strata der Krystallplättchen des kohlensauren Kalkes je nach ihrer Stellung; *e)* Drehungszone. Vergr. = 350.

Fig. 12. Äusserer, theilweise entkalkter Flächenschnitt mit den aus den Canälen heraushängenden Conferven von *Melania Hollandrii* (Fer.) Vergr. = 350.

„ 13. Flächenschnitt gegen die Innenseite eines fossilen Brachiopoden *Leptaena lepis* (Übergangsformation); *a a)* Poren mit den sie umgebenden concentrischen Lagen; *b)* sich durchkreuzende Canäle mit Querabtheilungen und braunrothen bis braunschwarzen eingelagerten Körnern. Vergr. = 350.

„ 14. Feine Canäle von der inneren oder Perlmutterschichte einer fossilen *Nucula*. Vergr. = 350.

„ 15. Senkrechter Längenschnitt eines fossilen Conus: *a)* äussere Schichte mit dunklen Hohlräumen, aus denen die Canäle entspringen; *b)* mittlere Schichten; *c)* innerste Schichte mit gleichnamigen Hohlräumen wie in der äusseren. Vergr. = 40.

„ 16. Canäle von einem senkrechten Längenschnitt einer fossilen *Arca*, Vergr. = 350.

„ 17. Flächenschnitt von der Aussenseite eines *Spondylus crassicosta* Lam. (Fossil) mit kleineren und grösseren, theilweise pigmentirten Canälen. Vergr. = 100.

„ 18. Canäle, theilweise pigmenthältig, welche die Schlosszähne desselben *Spondylus* durchziehen. Vergr. = 350.

„ 19. Durch einander geworfene Canäle eines äusseren Flächenschnittes von einem fossilen *Pectunculus*. Vergr. = 50.

„ 20. Canäle in bunter Menge durch einander ziehend von der äusseren pigmentirten gerifften Schichte einer fossilen *Venus*. Vergr. = 350.

„ 21. Bis zu einem gewissen Punkt mit verdünnter Salzsäure behandelter Schliff eines fossilen *Vermetus*, um die eingelagerten Conferven zur Darstellung zu bringen. Vergr. = 350.

„ 22. Ein auf dieselbe Weise präparirtes Stück einer *Nullipora* mit den heraushängenden Conferven. Vergr. = 350.

Fig. 1.

Fig. 5.

Fig. 7.

individua 2—3, imo plura inter se juncta. — Polycotylea monoica aperturis genitalibus masculis duabus ventralibus, una versus medium marginis lateralis dextri, altera sinistri sita, pene nullo instructa, oviductu in cloacam inserto. *Ovipara.* — In Bdellideis cheilostomis nonnullis ovula singula aut plura (10—16) involucro subcorneo-spongioso, e corporis superficie exsudato, demum exuto primum tubuloso, postea depositis ovulis subgloboso utrinque clauso *(cocco)*, excepta. Bdellidea numquam metagenesi, paucissima metamorphosi incompletae subjecta. Bdellidea sunt animalium aquatilium, praecipue vertebratorum, ectoparasita, nunc ea numquam deserentia, nunc tandem ea derelinquentia, tunc in aqua marina aut dulci, v. supra terram humidam libere vagantia, ovulaque cocco inclusa ibidem absconden-tia, imo arboricola [1]).

Status metamorphosis incompletae in Bdellideis polycotyleis: larva animalculo materno similis, nec organis genitalibus, nec acetabulis, sed solummodo ambulacris 4 v. 10 instructa. Tam in statu larvae quam perfecto Comatularum ectoparasita (Myzostomum).

In Bdellideis monocotyleis: larva animalculo materno dissimilis, nec acetabulo, nec ocellis instructa; cum adultis simul in eodem loco degens (Clepsine).

Conspectus dispositionis Bdellideorum, adjectis simul generum characteribus essentialibus.

Subtribus I. Bdellidea polycotylea.

Corpus acetabulis et ambulacris pluribus instructum.

1. **Myzostomum.** Corpus acetabulis 8 et ambulacris 10 ventralibus instructum.

Subtribus II. Bdellidea monocotylea.

Corpus acetabulo uno, nec ambulacris instructum. Anus dorsalis supra acetabulum aut in centro acetabuli situs.

SECTIO I. EXCENTROPROCTA.

Anus dorsalis supra acetabulum situs, rarissime in apice corporis postico. — Branchiata aut ebranchiata.

FAMILIA I. BRANCHIOBDELLAE.

Corpus branchiatum. — Androgyna.

2. **Ozobranchus.** Corpus branchiis ramosis instructum.

---

[1]) Confer habitaculum Hirudinis Tagallae hujus loci.

3. **Branchiobdella.** Corpus branchiis foliaceis instructum.
4. **Cystobranchus.** Corpus branchiis vesicularibus instructum.

FAMILIA II. ABRANCHIOBDELLAE.

Corpus ebranchiatum. — Androgyna aut sexus discreti.

SUBFAMILIA I. CEPHALOSTOMAE.

Caput explanatum v. acetabuliforme; os excentricum aut in margine capitis. Anus dorsalis supra acetabulum situs, aut terminalis posticus. — Androgyna.

* Excentrocephala. — Caput excentrice affixum. Os excentricum aut in margine capitis, maxillis nullis. Coeca v. ocellata. Anus dorsalis supra acetabulum situs.

5. **Ichthyobdella.** Caput explanatum, ore excentrico.
6. **Haementeria.** Caput explanatum, ore marginali.
7. **Pontobdella.** Caput haemisphericum, ore excentrico.

** Centrocephala. — Caput centro affixum. Os centrale in fundo capitis, maxillis internis instructum v. maxillis nullis. Coeca v. ocellata. Anus dorsalis supra acetabulum situs aut terminalis posticus.

1. Maxillata.

8. **Astacobdella.** Acetabulum sessile.

2. Emaxillata.

Acetabulum sessile aut pedicellatum.

9. **Myzobdella.** Acetabulum sessile. Collum nullum.
10. **Trachelobdella.** Acetabulum sessile. Collum retractile.
11. **Podobdella.** Acetabulum pedicellatum. Anus dorsalis ad basin pedicelli.
12. **Monopus.** Acetabulum pedicellatum. Anus terminalis posticus.

SUBFAMILIA II. SIPHONOSTOMAE.

Os circulare v. obsolete bilabiatum in apice haustelli protractilis. — Anus dorsalis supra acetabulum situs. Sexus discretus aut androgyna.

* Sexus discretus.

13. **Malacobdella.** Acetabulum intus haud plicatum.

** Androgyna.

14. **Gyrocotyle.** Acetabulum intus multoties plicatum.
15. **Clepsine.** Acetabulum intus haud plicatum.

SUBFAMILIA III. CHEILOSTOMAE.

Os uni- v. bilabiatum emaxillatum v. maxillis internis instructum. Anus dorsalis supra acetabulum situs. — Androgyna.

* Os maxillis nullis. — Coeca aut ocellata.

† Ocelli nulli.

16. **Liostomum.** Os plicis internis nullis.

†† Ocellata.

17. **Nephelis.** Os plicis internis tribus.

** Os maxillis instructum. — Coeca aut ocellata.

† Ocelli nulli.

18. **Pinacobdella.** Corpus annulato-tabulatum.

19. **Typhlobdella.** Corpus annulatum. Aperturae genitales in annulo 25to et inter annulum 29. et 30mum.

†† Ocellata.

α. Ocelli 8.

20. **Trocheta.** Os maxillis haud crenulatis et plicis oesophageis tribus.

β. Ocelli 10.

1. Plicis oesophageis.

21. **Aulastomum.** Os plicis oesophageis 12. Aperturae genitales inter annulum 24. et 25tum et 29. et 30mum.

2. Plicis oesophageis nullis.

22. **Bdella.** Labium oris superum subtus sulcatum. Aperturae genitales inter annulum 23. et 24tum et 28. et 29mum.

23. **Haemopis.** Labium oris superum subtus haud sulcatum. Maxillae internae denticulorum serie simplici. Aperturae genitales inter annulum 24. et 25tum et 29. et 30mum.

24. **Hirudo.** Labium oris superum subtus haud sulcatum. Maxillae internae denticulorum serie duplici. Aperturae genitales inter annulum 24. et 25tum et 29. et 30mum.

Genus insufficienter cognitum.

25. **Oxyptychus.** Aperturae genitales post annulum 28um et inter annulum 29. et 30mum pene nullo.

SECTIO II. CENTROPROCTA.

Anus in centro acetabuli situs.

26. **Acanthobdella.** Corpus armatum.

27. **Centropygos.** Limbus acetabuli spinulosus.

Genus exstinctum.

28. **Hirudinella.** In formatione calcarea lithographica.

Subtribus I. Bdellidea polycotylea.

Corpus acetabulis et ambulacris pluribus instructum.

1. MYZOSTOMUM *LEUCKART.* Charact. reform.

Parasit of Comatula *Thompson.* — Cyclocirra *Joh. Müller.*

Corpus clypeiforme, glabrum vel ciliis vibrantibus obsessum. *Caput* corpore continuum. *Os* in apice haustelli protractilis subterminalis. *Acetabula* 8 ventralia, sessilia, cum ambulacris 10 symmetrice alternantia, in semicirculos duos disposita. *Ambulacra* subcylindrica, retractilia, uncinos includentia. *Androgyna;* apertura genitalis mascula ventralis, duplex, una versus medium marginis lateralis dextri, et altera versus medium marginis lateralis sinistri sita; pene nullo; oviductu in cloacam inserto. — *Tractus intestinalis* unicruris, ramulosus, ano stipatus; anus posticus ventralis aut dorsalis. — *Ovipara.* — Animalcula *metamorphosi* incompletae subjecta. — *Comatularum* ectoparasita.

Systema vasorum nullum observatum. Systema nervorum distinctissimum. Genus hoc haustelli et appendiculorum ventriculi praesentia nec non metamorphosi incompleta cum *Clepsine* quam maxime congruit.

Status metamorphosis incompletae: Larva animalculo materno similis, sed nec organis genitalibus nec acetabulis instructa, ambulacris 10, interdum solummodo 4; etiam in hoc statu Comatularum ectoparasita.

1. Myzostomum glabrum *LEUCKART.* Charact. aucto.

Corpus subcirculare, passim ciliis vibrantibus in fasciculos dispositis obsessum, margine papillis minimis 20 cinctum, supra convexiusculum, glabrum, tuberculo flavo dorsali versus marginem anticum, laete rubrum, fasciis duabus longitudinalibus medianis antice et postice confluentibus et fasciis utrinque 5 a peripheria versus centrum directis, basi latioribus, atro-rubris, subtus concavum, decolor. *Haustellum* cylindricum. *Acetabula* subcircularia. *Ambulacra* uncinis 3 (?) conformibus, retractilibus, longitudine diversis, longissimo exsertili, altero apice cupuliformi, instructa. *Anus* posticus dorsalis. — Animalcula tarda. Longit. ultra 2‴.

Status metamorphosis incompletae: Larvae corpus margine papillis nullis cinctum; acetabula nulla; ambulacra 10.

De acetabulorum praesentia confer Siebold et M. Schultze l. infra c.

Myzostoma parasiticum *Leuckart:* Versuch einer nat. Einth. d. Helminth. 24.

Myzostoma glabrum *Leuckart:* in Isis 1830. 612 et in Frorieps Notiz. L. 129. — *Idem:* Zool. Bruchstücke III. 10. Tab. I. 3. *a—d.* Tab. II. 1.

(statu larvae). — *Siebold:* in Wiegmann's Arch. 1843. II. 299 (statu perfecto). — *Diesing:* Syst. Helm. II. 356. — *M. Schultze:* in Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. Würzburg 1853. 225 (de acetabulis). — *O. Schmidt:* in Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. 360 et 366. Tab. IV. 10 (statu larvae).

Habitaculum. *Comatula mediterranea:* in superficie disci (Leuckart), ibidem prope Cattaro (Siebold), Tergesti, haud raro, Augusto (M. Schultze), ibidem aestate (O. Schmidt).

2. Myzostomum tuberculosum *SEMPER.*

Corpus subcirculare, passim ciliis vibrantibus obsessum, margine papillis 20 conicis, brevibus, contractilibus cinctum, supra convexiusculum, tuberculosum, tuberculis flavis, flavo- vel rubro-maculatum. *Haustellum* subcylindricum. *Acetabula* subcircularia. *Ambulacra* uncinis 3—4 conformibus, retractilibus, longitudine diversis, longissimo exsertili, altero apice subcordato, instructa. *Anus* posticus dorsalis papilla tectus. — Animalcula tarda. Longit. ad $2^1/_2$'''.

Status metamorphosis incompletae: Larva $^1/_{20}$ — $^1/_{15}$''' longa, organis genitalibus nullis; acetabula nulla (?); ambulacra 10, uncinulis brevissimis instructa.

Myzostoma tuberculosum *Semper:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. IX. (1857). I. Hft. 48—64 (49, 50, 52) cum anatom. Tab. III. 1, 5—8, Tab. IV. 2, 3, 7.

Habitaculum. *Comatula mediterranea*, praesertim var. *variegata:* ad discum, Octobri, Tergesti (Semper).

3. Myzostomum Thompsoni *DIESING.*

Corpus subcirculare, haud ciliatum, margine cirris 20 cinctum, supra glabrum, costis longitudinalibus medianis duabus obsoletis. *Haustellum* cylindricum, ore papillis cincto. *Acetabula* circularia, intus ex centro radiata. *Ambulacra* uncinis 3 sigmoideis, conformibus, retractilibus, longitudine diversis, longissimo exsertili, altero apice dilatato, quadricuspidato, instructa. *Anus* posticus ventralis. — Animalcula agilia. Longit. 1—$1^1/_2$'''.

Status metamorphosis incompletae: Larva 1''' longa, acetabulis nullis; ambulacra 10.

Parasit of Comatula *Thompson:* in Edinburgh new philos. Journ. XX. (1836) 295. Tab. II. 9, 10; vers. germ. in Isis 1838. Tab. I. 9, 10 icon. Thompsoni (statu larvae).

Myzostoma cirriferum *Leuckart:* in Frorieps Notiz. XLIX. (1836) 5. fig. 9. 10 (icon. Thompsoni). — *Idem:* Zool. Bruchst. III. 12. — *Creplin:*

in Ersch et Grub. Encycl. XXXII. 292. — *Lovén:* in Vetensk. Acad. Handlingar for år 1840 et in Wiegmann's Arch. 1842. I. 306. Tab. VIII. (statu perfecto). — *Diesing:* Syst. Helm. II. 357.

Cyclocirra Thompsonii *Joh. Müller* in Wiegmann's Arch. 1841. I. 147.

Habitaculum. *Comatula (europaea) mediterranea:* ad superficiem corporis, ad oras Scotiae (Thompson) ibidem, frequenter, ad littora Sueciae occidentalis (Lovén).

4. Myzostomum Schultzeanum *DIESING.*

Corpus subcirculare depressiusculum, passim ciliis vibrantibus in fasciculos dispositis obsessum, margine cirris 20 subtus canaliculatis, apice ciliis longis haud vibrantibus penicillatis cinctum, supra glabrum. *Haustellum* cylindricum, ore papillis cincto. *Acetabula* circularia, intus ex centro obsolete radiata. *Ambulacra* uncinis pluribus conformibus, retractilibus, longitudine diversis, longissimo exsertili, altero apice cupuliformi, instructa. *Anus* posticus dorsalis. — Animalcula agilia. Longit. ultra 1‴.

Status metamorphosis incompletae: Larva, $^1/_{30}$‴ longa, ab animalculo materno differt corpore elongato, antrorsum magis angustato, retrorsum rotundato, acetabulis nullis (?), ambulacris solummodo 4, uncinulis instructis.

Myzostoma cirriferum *M. Schultze* nec *Leuckart:* in Verhandl. d. phys.-medic. Gesellsch. Würzburg IV. (1854) 225—227 (cum anatom.) — *O. Schmidt:* in Sitzungsber. d. kais. Acad. d. Wissensch. XXIII. (1857) 361 et 366 (cum anatom.) Tab. IV. 11. — *Semper:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. IX. (1857) 49, var. al. loc. et 146 (cum anatom.) Tab. III. 2, 4, 9. Tab. IV. 1, 4—6 (statu larvae et statu perfecto).

Habitaculum. *Comatula mediterranea:* ad corporis superficiem, raro, Augusto, Tergesti (M. Schultze), ibidem aestate (O. Schmidt et Semper).

5. Myzostomum costatum *LEUCKART.*

Corpus ovale planiusculum, antice emarginatum, brunneum, supra costatum, costa longitudinali mediana et 10 transversalibus, duabus anticis et duabus posticis angulum acutum formantibus, reliquis horizontalibus et costis marginalibus numerosis, brevibus, irregularibus, margine crenulato. *Haustellum* .... *Os* ad basin emarginaturae, ventrale, circulare. *Acetabula* transverse elliptica. *Ambulacra* uncino valido instructa, duo postica reliquis breviora retrorsum directa. *Anus* .... Longit. 1—2‴; latit. $^1/_2$—1 $^1/_2$‴.

Status metamorphosis incompletae: Larva $^1/_2$''' longa, antice haud emarginata; acetabula nulla; ambulacra 10.

Myzostoma costatum *Leuckart:* in Isis 1830. 612 et in Frorieps Notiz. L. 129. — *Idem:* Zool. Bruchst. III. 8. Tab. I. 2. *a—e.* — *Diesing:* Syst. Helm. II. 357.

Habitaculum. *Comatula multiradiata:* ad superficiem disci, in mare rubro (Rüppell).

Subtribus II. Bdellidea monocotylea.

Corpus acetabulo uno, nec ambulacris instructum. Anus dorsalis supra acetabulum aut in centro acetabuli situs [1]).

SECTIO I. EXCENTROPROCTA.

Anus dorsalis supra acetabulum situs, rarissime in apice corporis postico. — Branchiata aut ebranchiata.

FAMILIA I. BRANCHIOBDELLAE.

Corpus branchiatum. — Androgyna.

II. OZOBRANCHUS *QUATREFAGES.*

Hirudinis spec. *Menzies.* — Polydora *Oken.* — Branchellii spec. *Savigny.* — Branchiobdellae spec. *Blainville.*

Corpus sublineare depressum, annulatum, utroque margine in branchias lineares, ramosas, apice dichotomas, per paria dispositas productum. *Caput* ... *Acetabulum* basilare sessile hemisphaericum. *Androgyna;* aperturae genitales ... — *Tractus intestinalis* unicruris ano stipatus. — *Chelonidarum* marinarum ectoparasita.

1. **Ozobranchus Menziesi** *QUATREFAGES.*

Corpus utrinque parum angustatum, dense annulatum, albidum, branchiis utrinque 7. Longit. corp. 10'''; latit. $1^1/_2$'''; longit. branch. ad 1'''.

Branchiobdella Menziesi *Blainville.* — Syst. Helm. I. 444.

Branchellion pinnatum *Grube:* Famil. d. Annel. 108 et 149.

Ozobranchus *Quatrefages:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XVIII. (1852) 325.

Habitaculum. *Testudinis* spec. incert. oceani pacifici, in corporis superficie (Menzies).

---

[1]) De forma tractus cibarii et ventriculi et de ejus valore systematico cf. Duvernoy: in Rev. zool. 1846. 332.

III. BRANCHIOBDELLA *RUDOLPHI.* Charact. aucto.

Branchellion *Savigny.* — Branchellia *Gervais.* — Phyllobranchus *Girard.*

Corpus elongatum depressum, antrorsum angustatum, annulatum, utroque margine in branchias foliaceas, per paria dispositas, productum. *Caput* disciforme parum excavatum, excentrice affixum. *Os* excentricum. *Ocelli* 4 aut 8 nigri, aut nulli. *Collum* laeve v. annulatum, ebranchiatum. *Acetabulum* basilare sessile, circulare, excentrice affixum, capite majus, intus acetabulis minimis numerosis granulosum. *Androgyna;* aperturae genitales versus colli basin, postpositae, mascula cum pene femineae anteposita. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara.* — *Piscium* marinorum ectoparasita.

1. Branchiobdella Rudolphii *BLAINVILLE.*

Corpus sublineare, supra convexiusculum, subtus planum, brunneonigrum, annulis distinctis 36—38, branchiis foliaceis, semicircularibus, quinquelobis, breve pedicellatis. *Caput* brunneum. *Ocelli* octo in lineam transversam dispositi. *Collum* ellipticum, annulis densis ad 13. *Acetabulum* album, intus granulosum. Longit. corp. 10—14‴; latit. 2‴; longit. branch. 1‴; longit. colli 4‴; latit. 1‴.

Branchiarum parium numerus teste cl. Quatrefages 35; branchiae undulatae.

Branchiobdella Rudolphii *Blainville.* — Syst. Helm. I. 443.

Branchellion Torpedinis *Sav.* — *Cuvier:* Règn. anim. 1830. III. 116. — *Leydig:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. III. (1851). 315—318 et 320. Tab. IX. 1 (anatom.) — *Grube:* Famil. der Annel. 1851. 108, 148 et 149. — *Quatrefages:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XVIII. (1852) 284.

Habitaculum. *Torpedinis* spec. incert., Neapoli (Rudolphi). — *T. marmorata,* Martio et Aprili (Risso) Genuae (Leydig): in corporis superficie.

2. Branchiobdella Scolopendra *DIESING.*

Corpus subaequale, utrinque parum angustatum, fusco-carneum, annulis distinctis 34—42, branchiis remiformibus, breve pedicellatis, integris, hyalinis, granulis adspersis, marginibus inferis inflexis. *Caput* pallide flavescens. *Ocelli* quatuor per paria in lineam transversam dispositi. *Collum* obovatum, basi angustatum, exannulatum, diaphanum, capite concolor. *Acetabulum* pallide flavescens, intus granulosum. Longit. corp. 8—10‴; latit. 2‴; longit. branch. $^1/_2$‴; longit. colli 2—3‴; latit. ultra 1‴.

Branchiobdella Scolopendra *Diesing.* — Syst. Helm. I. 444. — *Idem:* in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 75. Tab. III. 8—13.

Habitaculum. In superficie corporis cujusdam piscis, in Brasilia (Natterer).

3. Branchiobdella Orbiniensis *QUATREFAGES.*

Corpus elongatum utrinque parum attenuatum, supra convexiusculum, nigro-violaceum, albido-punctulatum, punctulis in omni annulo tertio lineam transversam formantibus, subtus planum, albo-flavidum, nigricante punctatum, annulis 36—37, branchiarum paribus 33; branchiae aut mamillae contractili impositae aut sessiles, foliaceae, semicirculares, margine integrae ibique praesertim subtus profunde plicatae, laete violaceae; branchiarum mamillae impositarum pari uno branchiarum sessilium paria duo alternatim postposita; annuli ultimi ebranchiati. *Caput* pallide violaceum. *Ocelli* nulli. *Collum* fusiforme, annulis 14—15, laete violaceum, annulis ultimis fere decoloribus. *Acetabulum* amplum, albo-flavidum, interdum supra punctis nigro-violaceis adspersum, intus acetabulis minimis ad 200 radiatim dispositis munitum. *Apertura genitalis* mascula rimaeformis, transversalis, versus colli annulum 13um, feminea huic postposita, ad colli basin. Longit. tot. 1—2″; latit. cum branchiis 5—6‴; longit. colli 1½—3‴.

Cl. Moquin-Tandon in suo specimine, prope Burdigalam lecto, 35 branchiarum paria numeravit.

Branchellion Torpedinis *Quatrefages:* in Cuvier Règne anim. illustr. édit. 3. Annel. Tab. XXIII. 3.

Branchellion Orbiniensis *Quatrefages:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XVIII. (1852) 279—325 (cum anatom.) Tab. VI. 1—13, Tab. VII et VIII.

Habitaculum. *Torpedinis* spec. incert. oceani atlantici: ad latus corporis ventrale, specimina 1—3 in uno individuo, raro, Rupellae (Orbigny, Sauvé et Quatrefages).

4. Branchiobdella Savenelii *DIESING.*

Corpus elongatum utrinque attenuatum, retrorsum constrictum, et ab hinc elliptice dilatatum, annulis (44—46?) angustis, supra obsoletis, subtus distinctis, anterioribus 31 branchiarum totidem paribus munitis; branchiae mamillae contractili impositae, foliaceae, radiatim plicatae, margine externo lobato v. fimbriato; annulorum subsequentium ultimi ebranchiati. *Caput* supra laeve, subtus granulis numerosis, e centro radiantibus obsessum. *Ocelli* nulli (?). *Collum*

breve, subcylindricum. *Acetabulum* parvum, oblongum, supra laeve, subtus granulis numerosis e centro radiantibus munitum. Longit. ad 2″; latit. sine branch. 3—4‴.

Animalcula larvarum Geometrarum more incedunt. — Branchiae vasculorum rete percursae.

Phyllobranchus Ravenelii *Girard:* in Proceed. of the American Association for the Advancement of Science IV. (1851) 124.

Habitaculum. *Rajae (Skate)* spec. incerta: ad corporis superficiem, Charleston Harbour (Ravenel).

IV. CYSTOBRANCHUS *DIESING.*

Piscicolae spec. *Leydig* et *Troschel.*

Corpus elongatum, obsolete annulatum, utroque margine branchiis, per paria dispositis, vesicularibus, numerose s. rhytmice contractilibus, obsessum. *Caput* disciforme, subcirculare, excentrice affixum, collo a corpore discretum. *Os* exiguum excentricum. *Ocelli* 4. *Collum* ebranchiatum. *Acetabulum* basilare sessile, subcirculare, excentrice affixum, capite majus. *Androgyna;* aperturae genitales versus colli basin postpositae, mascula femineae anteposita. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara.* — *Piscium* fluviatilium ectoparasita.

I. Cystobranchus Troschelii *DIESING.*

Corpus subaequale, flavo-griseum, minutissime nigro-punctulatum, branchiis utrinque 11, transparentibus. *Ocelli* duo anteriores majores lineares vel semilunares, convergentes, posteriores minores punctiformes. *Collum* retrorsum parum dilatatum, a corpore strictura discretum, corpore concolor. *Acetabulum* capite duplo majus, punctis 10 marginalibus nigris cinctum. Longit. 1½″; latit. 2‴.

Animalcula a cl. Leydig descripta, branchiis utrinque solummodo 8 gaudentia, nec non aliis characteribus organorum internorum a nostris discrepantia, aliam fortasse speciem sistunt.

Piscicola geometrica *Leydig?* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 103—134 (anatom.) Tab. VIII. 1, 4—11, 13—18, 20, 23—26, 28—34. A. Tab. IX. 37—40, 43, 45—47, 50, 51, Tab. X. 52—62, 67, 68.

Piscicola respirans *Troschel:* in Wiegmann's Arch. 1850. I. 17—26 (cum anatom.) Tab. II. A—E.

Habitaculum. *Barbus communis* ad pinnas, frequenter. — *Cyprinus Carpio,* ibidem, raro, Aprili et Majo, Bonnae (Troschel).

FAMILIA II. ABRANCHIOBDELLAE.

Corpus ebranchiatum. — Androgyna, aut sexu discreta.

SUBFAMILIA I. CEPHALOSTOMAE.

Caput explanatum vel acetabuliforme; os circulare centrale aut excentricum aut capitis margini impositum. — Anus dorsalis supra acetabulum situs, aut terminalis posticus. — Androgyna.

* Excentrocephala. — Caput excentrice affixum. Os excentricum aut in capitis margine collocatum; maxillis nullis. Coeca vel ocellata. Anus dorsalis supra acetabulum situs.

V. ICHTHYOBDELLA *BLAINVILLE.*

Hirudo *Linné.* — Ihl *Oken.* — Piscicola *Blainville.* — Haemocharis *Savigny.* — Gnatho *Goldfuss* et *Schinz.*

Corpus elongatum, teretiusculum v. depressum, antrorsum parum angustatum, obsolete annulatum. *Caput* disciforme, circulare v. subellipticum, parum excavatum, excentrice affixum, corpore continuum v. collo discretum. *Os* exiguum excentricum. *Ocelli* 4 v. 8 nigri. *Acetabulum* basilare sessile, subellipticum, excentrice affixum, capite majus. *Androgyna;* penis versus colli basin, apertura genitalis feminea infra penem. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. *Ovipara.* — *Piscium* fluviatilium et marinorum ectoparasita. Larvae Geometrarum in morem incedentes.

* Ocelli quatuor.

1. (2.) **Ichthyobdella fasciata** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 441. adde: Piscicola fasciata *Grube:* Famil. d. Annel. 1851. 112 et 150.

2. (3.) **Ichthyobdella stellata** *KOLLAR.* — Syst. Helm. I. 441. adde: *Diesing:* in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 74. Tab. II. 27—30.

4. **Ichthyobdella maculata** *GRUBE.*

Corpus teretiusculum, retrorsum sensim incrassatum, postice subito attenuatum, rosaceum, interdum utrinque albo-maculatum, maculis biseriatis, rubro-brunneis vel violaceis, ovalibus, confluentibus. *Caput* subtriangulare vel circulare. *Ocelli* quatuor. *Acetabulum*... Longit....

Piscicola maculata *Grube:* Famil. d. Annel. 112 et 150.

Habitaculum. In mare.... (Grube).

** Ocelli octo.

5. (1.) **Ichthyobdella Geometra** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 440. adde:

Piscicola geometrica *Troschel:* in Wiegmann's Arch. 1850. I. 19. — *Grube:* Famil. d. Annel. 1851. 112 et 150.

Ocelli ignoti.

7. (6.) **Ichthyobdella Cichlae** *KROYER.* — Syst. Helm. I. 442. adde: *Diesing:* in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 74 et 79. Tab. III. 1—3, 4—7?

Species inquirendae.

9. **Ichthyobdella Anarrhichae.**

Corpus teretiusculum subaequale, antice et postice angustatum, passim constrictum, obsolete annulatum, albidum. *Caput* nunc explanatum, nunc infundibuliforme, margine crenulatum. *Ocelli* . . . *Acetabulum* nunc explanatum, nunc campanulatum. Longit. 10‴; latit. ³/₄‴.

Piscicola marina *Leuckart* (nec *Johnst.*): in Wiegmann's Arch. 1849. I. 155. Tab. III. 2. — *Grube:* Famil. d. Annel. 1851. 112 et 150.

Habitaculum. *Anarrhichas Lupus:* in cavo oris et branchiarum; ad litus austro-occidentale Islandiae (Bergmann).

11. (9.) **Ichthyobdella vittata** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 443. adde:

Piscicola vittata *Grube:* Famil. d. Annel. 112 et 150.

13. **Ichthyobdella sanguinea** *OERSTED:*

De region. mar. 1844. 80 (indescripta) cum tab.

Piscicola sanguinea *Grube:* Famil. d. Annel. 112.

Habitaculum. In profunditate 11—∞ orgyiarum, Helleboek in fretu Öresund, aestate (Oersted).

14. **Ichthyobdella agilis** *QUATREFAGES.*

Haemocharis agilis *Quatrefages:* in Cuv. Règn. anim. 3. édit. Annel. (indescripta). Tab. XXIII. 3.

Piscicola agilis *Grube:* Famil. d. Annel. 112.

VI. HAEMENTERIA *FILIPPI.*

Corpus elongatum, utrinque attenuatum, depressum, annulatum. *Caput* disciforme in colli latere ventrali (excentrice affixum?). *Os* exiguum in margine antico capitis. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare (excentrice affixum?), capite majus. *Androgyna;* apertura genitalium communis in apice tubuli crassi, limbo circulari carnoso externo et minore interno ad annulum 28vum instructa. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara.* — Fluminis Amazonum incolae.

Structura interna hujus generis insignis, illam Clepsines proxime accedens.

1. **Haementeria Ghilianii** *FILIPPI.*

Corpus et *collum* annulis 72 instructa, annulis duobus in pagina ventrali transverse sulcatis cum uno haud sulcato regulariter alternantibus, viridia, maculis rubescentibus nigro-marginatis adspersa. *Os* circulare. Longit. ad 1′; spiritu vini contract. 3½″; latit. 1½″.

Haementeria. Ghilianii *Filippi.* — Syst. Helm. I. 652. — *Grube:* Famil. d. Annel. 112 et 150.

Habitaculum. In flumine Amazonum (Ghiliani).

VII. PONTOBDELLA *LEACH.*

Hirudo *Auct. vet.* -- Gol *Oken.* — Pharmio *Goldfuss* et *Schinz.* — Albione *Savigny.*

Corpus elongatum, subcylindricum v. clavatum, aut depressum, annulatum v. laeve, verrucosum v. nudum. *Caput* hemisphaericum, excentrice affixum, corpore continuum v. collo discretum. *Os* excentricum, in fundo capitis. *Ocelli*.... *Acetabulum* basilare sessile, campanulatum, centro affixum, nudum, capite utplurimum minus. *Androgyna;* penis retro caput v. versus colli basin, apertura feminea infra penem. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. *Ovipara.* — *Piscium* marinorum ectoparasita.

α. Corpus verrucosum, subcylindricum vel depressum.

1. **Pontobdella spinulosa** *LEACH.* — Syst. Helm. I. 437. adde:

Albione muricata *Sav.* — *Cuvier:* Règn. anim. 3. édit. Annel. Tab. XXIII. 2. — *Quatrefages:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XVIII. 329 — 336 (anatom.) Tab. VI. 14, IX. 1—7.

Pontobdella muricata *Wagner:* in Isis 1834. 131. Tab. I. 3 (de syst. nerv.) — *Verany:* Catalogo degli animali marini 1846. 9. — *Grube:* Famil. d. Annel. 108 et 148.

2. **Pontobdella indica** *BLAINVILLE.*

„Depressa fusca: striis transversis muricatis centum“ (Linné).

Hirudo indica *Linné:* Syst. nat. ed. XII. II. 1079. — *Wesner:* in Linnaei Amoen. Academ. VII. 44. — *Gmelin:* Syst. nat. 3095. — *Bosc:* Hist. nat. d. vers. I. 245. — *Johnston:* Treat. med. Leech. 36.

Albione indica *Moquin-Tandon:* Monograph. des Hirud. 138.

Pontobdella indica *Blainville:* in Dict. des sc. nat. XLVII. 243 et LVII. 557. — *Moquin-Tandon:* Monograph. nouv. édit. 292. — *Grube:* Famil. d. Annel. 108.

Pontobdella depressa *Diesing.* — Syst. Helm. I. 438 (partim). — *Idem:* in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 73.

Habitaculum. In mare Indiae orientalis.

3. (2.) **Pontobdella verrucata** *LEACH.* — Syst. Helm. I. 438. adde:

Leydig: in Zeitschr. f. wissensch. Zool. III. 318—320 (anatom.) Tab. IX. 2. — *Grube:* Famil. d. Annel. 108 et 148.

Albione verrucata. — *Quatrefages:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XVIII. 328—336 (anatom.).

4. (3.) **Pontobdella depressa** *KROYER.* — Syst. Helm. I. 438. (exclus. synon.) adde:

Diesing: in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 73. Tab. II. 19—26.

β. Corpus haud verrucosum, subcylindricum vel subclavatum.

5. (4.) **Pontobdella areolata** *LEACH.* — Syst. Helm. I. 439. adde:

Grube: Famil. d. Annel. 108 et 148.

6. (5.) **Pontobdella laevis** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 439. adde:

W. Thompson: in Ann. nat. hist. XVIII. (1846). 389. — *Grube:* Famil. d. Annel. 108 et 148.

Habitaculo adde: In Hibernia (Thompson).

7. (6.) **Pontobdella lubrica** *GRUBE.* — Syst. Helm. I. 439. adde:

Grube: Famil. d. Annel. 108 et 148.

** Centrocephala. — Caput centro affixum. Os centrale in fundo capitis, maxillis internis instructum v. maxillis nullis. Coeca vel ocellata. Anus dorsalis supra acetabulum situs, aut terminalis posticus.

1. Maxillata. — Acetabulum sessile.

VIII. ASTACOBDELLA *VALLOT.* Charact. reform.

Hirudo *Braun.* — Branchiobdella *Odier.* — Malacobdella *Gervais.*

Corpus subcylindricum, irregulariter annulatum. *Caput* campanulatum, centro affixum. *Os* centrale in fundo capitis, intus maxillis duabus triangularibus corneis. *Ocelli* nulli. *Collum* nullum. *Acetabulum* basilare sessile, urceolare, centro affixum, capite minus. *Androgyna* enallelogama; apertura genitalis mascula in annulo 11mo, feminea in annulo 9no. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus, anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara*, ovulis operculatis, pedicellatis et appendiculatis. — *Astacorum* ectoparasita; larvae Geometrarum in morem incedentes.

In hoc solum genere, quod scio, apertura genitalis mascula femineae postposita.

1. **Astacobdella Roeseli** *DIESING.*

Corpus utrinque angustatum, lacteum, fusco-flavum v. aurantiacum, annulis moniliformibus 14—17. *Caput* inerme, limbo bilabiato. *Maxillae* edentatae. Longit. corp. 3—4‴; latit. ½—¾‴.

Ovula elliptica operculata, una extremitate appendiculata, altera longe pedicellata.

Branchiobdella Parasita *Kölliker.* — *Henle:* in Müll. Arch. 1835. 574. Tab. XIV.

Astacobdella Roeseli *Diesing.* — Syst. Helm. I. 434.

Branchiobdella Astaci *Odier.* — *Grube:* Famil. d. Annel. 116 et 150.

Habitaculum. *Astacus fluviatilis:* ad branchias et ad ovula, Decembri et Januario (Roesel), Aprili et Majo (Braun), Julio (Odier), vere (Kollar).

2. **Astacobdella Abildgaardi** *DIESING.*

Corpus utrinque angustatum, sordide album, annulis obsoletis. *Caput* spinis quatuor et macula antica ferruginea, limbo bilabiato. *Maxillae* edentatae. Longit. 3—4‴; latit. ½—¾‴.

Astacobdella Abildgaardi *Diesing.* — Syst. Helm. I. 434.

Branchiobdella Astaci *Grube:* Famil. d. Annel. 116 et 150 (partim).

Habitaculum. *Astacus fluviatilis:* ad oculos, Siaellandiae (Abildgaard).

3. **Astacobdella philadelphica** *LEIDY.*

Corpus subaequale, retrorsum sensim increscens, albidum, transparens, annulis 8 latis cum totidem angustis alternantibus. *Caput* inerme, limbo integro circulari v. elliptico, crenulato, seticulis cincto. *Os* ellipticum. *Maxilla* supera apice acute conico utrinque denticulato, infera apice bifurcato utrinque denticulis duobus instructo. Longit. 1—4‴; latit. ⅛—½‴.

Ovula operculata, una extremitate appendiculata, altera pedicellata.

Astacobdella Philadelphica *Leidy:* in Proceed. Acad. Philad. V. 209.

Habitaculum. *Astacus Bartonii* ad superficiem corporis, praeprimis ventralem, et ad branchias, Philadelphiae (Leidy).

Species inquirenda.

4. **Astacobdella chilensis** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 434.

Habitaculum. *Astaci chilensis* sp., prope St. Jago (Gay).

2. Emaxillata. — Acetabulum sessile aut pedicellatum.

† Acetabulum sessile.

IX. MYZOBDELLA *LEIDY.*

Corpus elongatum depressiusculum, annulatum. *Caput* subinfundibuliforme, centro affixum, limbo oblique truncato. *Os* centrale in fundo capitis. *Ocelli* nulli. *Collum* nullum. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile. *Androgyna;* aperturae genitales.... — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus ... *Crustaceorum* marinorum ectoparasita.

Characteribus nonnullis minus bene cognitis genus non satis stabilitum.

1. **Myzobdella lugubris** *LEIDY.*

Corpus antrorsum angustatum subcylindricum, retrorsum incrassatum, nigro-olivaceum, transparens, annulis 15—18. *Acetabulum* circulare, concavum, capite parum majus. Longit. corp. elongati 10‴, latit. antrors. $^1/_5$‴, retrors. $^1/_2$‴; longit. corp. contracti 4‴, latit. $^4/_5$‴.

Myzobdella lugubris *Leidy:* in Proceed. Acad. Philad. V. 243.

Habitaculum. *Lupa dicantha:* ad basin pedum, Philadelphiae (Leidy).

X. TRACHELOBDELLA *DIESING.*

Corpus pyriforme depressiusculum, transverse rugosum. *Caput* hemisphaericum, centro affixum, collo teretiusculo, retractili a corpore discretum. *Os* centrale in fundo capitis. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* basilare sessile, apertura circulari recta. *Androgyna;* aperturae genitales.... — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis subterminalis posticus.... *Ovipara.* — *Piscium* marinorum ectoparasita.

1. **Trachelobdella Müllerl** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 435. adde:

Idem: in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 72. Tab. II. 1—6.

Habitaculum. *Gobius Capito:* ad branchias (Joannes Müller).

2. **Trachelobdella Kollari** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 436. adde:

Idem: in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 72. Tab. II. 7—10.

Habitaculum. *Priacanthus macrophthalmus*, e Brasilia: ad branchias (Kollar).

†† Acetabulum pedicellatum.

XI. PODOBDELLA *DIESING.*

Corpus ellipticum depressum, supra convexum, subtus planum, dense annulato-plicatum. *Caput* hemisphaericum, centro affixum, collo teretiusculo retractili brevi a corpore discretum. *Os* centrale in fundo capitis. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* longe pedicellatum, oblique truncatum, pedicello teretiusculo, basilari. *Androgyna;* apertura genitalis mascula . . . , feminea antrorsum sita, ad annulum decimum. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis ad basin pedicelli. — *Ovipara.* — *Piscium* marinorum ectoparasita.

1. **Podobdella Endlicheri** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 436. adde:

Idem: in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 72. Tab. II. 11—18.

Habitaculum. *Corvina oscula,* ex America septentrionali: ad branchias (Kollar).

XII. MONOPUS *GOSSE.*

Corpus subcylindricum depressiusculum, annulatum. *Caput* disciforme, exiguum. *Os* centrale (?). *Ocelli* 8. *Acetabulum* breve pedicellatum, in secunda corporis parte tertia ventrali. *Androgyna;* aperturae genitales. . . . — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus terminalis posticus. — *Ovipara.* — *Acalepharum* ectoparasita.

Ovarium amplum, ovulis transparentibus, globosis, in posteriore abdominis parte.

1. **Monopus medusicola** *GOSSE.*

Corpus antrorsum obtusum dense annulatum, retrorsum breve attenuatum, pellucidum. *Ocelli* hyalini ad marginem frontalem capitis. *Acetabulum* disciforme, in pedicello brevi, crasso, truncato. Longit. vix 1‴.

Gosse: Devonshire Coast. 359.

Monopus medusicola *Gosse:* in Ann. nat. hist. 2. ser. XV. (1855) 277. Tab. VIII. B.

Habitaculum. *Willsia stellata:* ad corporis superficiem, ad littus Devoniae (Gosse).

SUBFAMILIA II. SIPHONOSTOMAE.

Os circulare vel obsolete bilabiatum in apice haustelli protractilis. — Anus dorsalis supra acetabulum situs. — Sexus discretus aut androgyna.

* Sexus discretus.

XIII. MALACOBDELLA *BLAINVILLE.* Charact. aucto.

Hirudo *Müller.* — Phylline *Oken.* — Xenistum *Blanchard.* — Branchiobdella *Gay.*

Corpus ellipticum v. sublineare, depressum, haud annulatum. *Caput* corpore continuum, apice emarginatum. *Os* circulare in apice haustelli brevis, protractilis, terminalis. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* basilare sessile. *Sexus discretus. Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara.* — *Molluscorum* marinorum ectoparasita.

Mas et femina habitu conformes. — Nec spermatozoidea nec ovula organis propriis sunt excepta, sed libere in corporis parenchymate nidulant, nec emittuntur per aperturam propriam, imo potius ex tota corporis superficie emergunt, aperturis exitu eorum ortis serius obliterantibus (Blanchard de Malacobdella Valenciennaei).

Res profecto nimio plus insolita ac, me sciente, in toto regno animali sui generis unica!

1. **Malacobdella grossa** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 445. adde: *Oersted:* De Region. marin. 1844. 80. — *Leidy:* in Proceed. Acad. Philad. V. (1851) 209 et VIII. (1856) 45.

Habitaculum. *Cytherea exsoleta:* juxta cardinem, intra branchias, in Dania (Müller). — *Cyprina islandica* (Kroyer) ad corpus ejusdem speciei in profunditate 11—∞ orgyiarum, in fretu Öresund, aestate (Oersted). — *Venus mercenaria — V. praeparca:* ad pallium, solitarie, frequens, Philadelphiae (Leidy).

Specimina a cl. Leidy descripta 2‴—1″, rarius 1½″ longa, ⅓‴—5‴, rarius 7‴ lata.

2. **Malacobdella Valenciennaei** *BLANCHARD.* — Syst. Helm. I. 445. adde:

Milne Edwards: in Acad. de Paris, séance du 2 juin 1845 et Rev. zool. 1845. 216. — *Guérin Méneville:* ibid. 248. — *Blanchard:* Voyage en Sicile, 3. partie, 66 et in Annal. des sc. nat. 3. sér. VIII. 142 et XII. 267—276 (anatom.) Tab. V. 1—5.

Habitaculum. *Mya truncata:* sub pallio, Majo (Blainville), prope La Manche (Blanchard).

Species inquirenda.

3. **Malacobdella Auriculae** *GAY.* — Syst. Helm. I. 446. adde:

Blanchard: in Gay Historia de Chile Zool. III. 67 et in Annal. des sc. nat. 3. sér. XII. 267.

** Androgyna.

XIV. GYROCOTYLE *DIESING.* Charact. emendat.

Corpus subellipticum depressum, transverse rugosum. *Caput* corpore continuum. *Os* circulare, subterminale, anticum, exiguum (in apice haustelli protractilis?). *Ocelli* nulli. *Acetabulum* basilare sessile, circulare, intus gyrose plicatum. *Androgyna;* penis ventralis superus, lateralis, apertura genitalis feminea infra penem, mediana. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara.* — *Molluscorum* marinorum ectoparasita.

1. **Gyrocotyle rugosa** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 408. adde:

Idem: in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. IX. 173. Tab. I. 17—21.

Habitaculum. *Mactra edulis:* ad pallium prope Valparaiso (Kroyer).

Antilope pygarga erronee pro habitaculo indicata in Systemate Helminthum et in Denkschr. l. c. delenda.

XV. CLEPSINE *SAVIGNY.* Charact. aucto.

Hirudo *Müller.* — Helluo *Oken.* — Glossosiphonia et Glossopora *Johnston.* — Erpobdella, Ichthyobdella et Glossobdella *Blainville.* — Nephelis *Brighwell.* — Piscicola *Moquin-Tandon.*

Corpus depressum latum, supra convexiusculum, subtus planum vel concavum, annulatum, annulis ternis segmentum constituentibus. *Caput* subdiscretum vel corpore continuum. *Os* transverse ellipticum subbilabiatum in apice haustelli protractilis. *Ocelli* 2, 4, 6, aut 8, utplurimum in lineas duas longitudinales dispositi, nigri. *Acetabulum* subbasilare ventrale sessile subcirculare. *Androgyna;* aperturae genitales postpositae inter 25. et 26tum, 27. et 28vum corporis annulum. *Tractus intestinalis* unicruris ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. *Ovipara;* ovula post partum involucro tenui inclusa, ventri materno adhaerentia. — *Animalcula* metamorphosi incompletae subjecta. — *Amphibiorum* et *Molluscorum* aquarum dulcium ectoparasita vel libere vagantia; larvarum Geometrarum in morem ingredientes, nunquam natantes, Oniscorum more contractae utplurimum quiescentes.

Status metamorphosis incompletae: Larva animalculo materno dissimilis, nec ocellis nec acetabulo instructa, ventri materno utplurimum adhaerens (Grube l. i. c. 111).

Ocelli 2. — Caput corpore continuum.

1. **Clepsine bioculata** *SAVIGNY.* — Syst. Helm. I. 448 et 652. adde:
Fr. Müller: de Hirud. circa Berol. observ. 31. — *Leydig:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 103 et 134 (anatom.) Tab. IX. 36 et III. 316 et 321 (anatom.) — *Grube:* Famil. d. Annel. 113 et 150.
2. **Clepsine sanguinea** *FILIPPI.* — Syst. Helm. I. 449. adde:
Grube: Famil. d. Annel. 113 et 150.
3. **Clepsine algerica** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 449. adde:
Clepsine algira *Grube:* ibid. 113 et 150.
4. **Clepsine parasitica** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 450. adde:
Hirudo parasitica *Say.* — *Grube:* ibid. 109, 148 et 149.
5. **Clepsine carinata** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 450. adde:
Idem: in Denkschr d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 75. Tab. III. 14—17.
6. **Clepsine affinis** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 450.
7. **Clepsine costata** *MÜLLER.* — Syst. Helm. I. 450. adde:
Grube: Famil. d. Annel. 113 et 150 (excl. syn. *Moq.-Tand.*)
8. **Clepsine catenigera** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 451. adde:
Clepsine costata *Müller.* — *Grube:* ibid. 113 et 150 (ex parte).
9. **Clepsine Rissoi** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 451.
10. **Clepsine Sowerbyi** *MOQUIN-TANDON.* — Syst. Helm. I. 451. adde:
Clepsine? circulans *Grube:* ibid. 114.

Ocelli 4. — Caput corpore continuum v. subdiscretum.
Caput corpore continuum.

11. **Clepsine paludosa** *MOQUIN-TANDON.* — Syst. Helm. I. 452. adde:
Grube: ibid. 114 et 150.
12. **Clepsine succinea** *FILIPPI.* — Syst. Helm. I. 452.

Caput subdiscretum.

13. **Clepsine marginata** *MÜLLER.* — Syst. Helm. I. 447. adde:
Fr. Müller: De Hirudinibus circa Berol. observ. 19. — *Grube* l. c. 114 et 150.
Glossiphonia marginata *Ebrard:* Nouv. Monogr. Sangs. 480. Tab. VIII. 72..

Ocelli 6. — Caput corpore continuum v. subdiscretum.
Caput corpore continuum.

14. **Clepsine complanata** *SAVIGNY.* — Syst. Helm. I. 452. adde:
Appendicum ventriculi paribus 6 a C. verrucata praecipue differt, testante Fr. Müller.

Fr. Müller: Hirud. 25. — *Idem:* in Müller's Arch. 1846. 140. Tab. VIII. 5. — *E. H. Weber:* ibid. 429—434 (de evolutione). — *Fr. Müller:* in *D'Alton.* u. *Burmeister:* Zeitung f. Zool. 1848. Nr. 23. — *Leydig:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 131 (anatom.) Tab. VIII. 3, 12, 19, 21, 27, 34 B. Tab. IX. 35, 41. Tab. X. 63. — *Grube:* Famil. d. Annel. 113 et 150.

Glossiphonia sexoculata *Ebrard:* Nouv. Monogr. Sangs. 59 (de anatom., copulatione, ovulis et pullis, acetabulo instructis) Tab. VIII. 70 et 71. Tab. XI. 102.

15. **Clepsine hyalina** *MOQUIN-TANDON.* — Syst. Helm. I. 453. adde:

Fr. Müller: Hirud. 27.

Clepsine heteroclita *Grube:* l. c. 113 et 150.

16. **Clepsine Carenae** *MOQUIN-TANDON.* — Syst. Helm. I. 454. adde:

Fr. Müller: Hirud. 29.

Clepsine papillosa *Grube:* l. c. 113 et 150 (exclus. synon. *Braun*).

17. **Clepsine Swampina** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 454. adde:

Clepsine? swampina *Grube:* l. c. 114.

Caput subdiscretum.

18. **Clepsine verrucata** *FR. MÜLLER.*

Corpus subcartilaginosum, dilatatum, antrorsum vix angustatum, supra viride, lineolis fuscescentibus ac verrucarum albidarum prominentium seriebus sex notatum, marginibus pallidioribus, subtus albido-virescens, punctis fuscis adspersum. *Caput* subdiscretum. *Ocelli* 6 in series duas longitudinales subparallelas dispositi. *Acetabulum* circulare. Longit. 14‴.

Ocelli rarissime solummodo 4? — Appendicum ventriculi paribus 7 a C. complanata praesertim differt, testante Fr. Müller.

Clepsine verrucata *Fr. Müller:* De Hirud. circa Berol. observ. 23.

Habitaculum. In lacu ad Tegel prope Berolinum, ad ramos arborum dejectos, raro; Mollusca gasteropoda exsugit (Fr. Müller).

Ocelli 8. — Caput corpore continuum v. subdiscretum.

Caput corpore continuum.

19. **Clepsine Eachana** *THOMPSON.*

Corpus ovale, supra laeve, hyalinum, pallide rosaceum, margi-nibus obsolete crenulatis. *Caput* corpore continuum. *Ocelli* 8 per paria quatuor postposita disposita, parium duorum ultimorum majores. *Acetabulum* circulare. Longit. 9‴.

Lobuli ventriculi 16 subpinnati; intestina coeca 8.

Glossiphonia Eachana *W. Thompson:* in Ann. nat. hist. XVIII. 390 cum fig. xylogr.

Habitaculum. In Hibernia (Thompson).

Caput subdiscretum.

20. Clepsine tessulata *O. F. MÜLLER.* — Syst. Helm. I. 447. adde:

Fr. Müller: de Hirud. circa Berol. observatis 21 et in J. Müller's Arch. 1846. 139 et 144. Tab. VIII. 1—4, 7—13 (de organ. generat. et de copulat.) — *Grube:* Famil. d. Annel. 114 et 150.

Nephelis tesselata *Savigny:* Syst. 117.

SUBFAMILIA III. CHEILOSTOMAE.

Os uni- vel bilabiatum emaxillatum vel maxillis internis instructum. — Anus dorsalis supra acetabulum situs. — Androgyna.

* Os maxillis nullis. — Coeca aut Ocellata.

† Ocelli nulli.

XVI. LIOSTOMUM *WAGLER.*

Corpus elongatum, antrorsum angustatum, plano-depressum, dense annulatum. *Caput* corpore continuum. *Os* oblique terminale bilabiatum, labio supero producto, intus laeve, nec maxillis nec plicis instructum. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* apertura genitalis una inter annulum 17. et 18vum, altera inter 20. et 21mum. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Regni mexicani* incolae.

1. Liostomum coccineum *WAGLER.*

Corpus supra verrucosum, subtus laeve, totum coccineum. *Os* exiguum. *Acetabulum* intus laeve, extus granulosum. Longit. ultra $2^3/_4$"; latit. antrors. $^1/_2$", retrors. fere 1"; diamet. capit. $1^1/_4$"'; diamet. acetabuli $3^1/_4$"'.

Lumatec? *Hernandez* Thes. cap. 29, 75.

Liostoma coccineum *Wagler:* in Isis 1831. 533 et 1832. 53.

Liostomum coccineum *Wagler.* — *Grube:* Famil. d. Annel. 110 et 148.

Habitaculum. In regno Mexicano, specimina plura legit (Karwinsky).

†† Ocellata.

XVII. NEPHELIS *SAVIGNY.*

Hirudo Auct. — Helluo *Oken.* — Erpobdella *Blainville.*

Corpus elongatum antrorsum angustatum, depressum, obsolete annulatum, annulis quinis segmentum constituentibus. *Caput* corpore continuum. *Os* amplum, oblique terminale, limbo prominulo, subbila-

biatum, maxillis nullis, plicis internis tribus longitudinalibus, variabilibus. *Ocelli* octo, quatuor in primo et quatuor in tertio annulo, nigri. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* penis inter 34. et 35tum, apertura genitalis feminea inter 37. et 38vum annulum. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. — *Ovipara.* — Aquarum dulcium incolae. — Acetabulo affixa, toto corpore lumbricorum terrestrium in morem involuto, oscillant.

Secundum cl. Grube aperturae genitales inter 31. et 32dum. et 34. et 35tum. annulum.

1. **Nephelis vulgaris** *MOQUIN-TANDON.* — Syst. Helm. I. 456 et 652. adde:

Rayer: in Annal. des sc. nat. IV. (1824). Tab. XI. 1—6 (coccus). — *Leydig:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 132 (anatom.) Tab. VIII. 22. Tab. IX. 44, 48, 49. Tab. X. 64. — *Idem:* ibid. III. 320 (in nota) (anatom.) — *Fr. Müller:* in J. Müller's Arch. 1846. 141. Tab. VIII. 14—16 (de org. generat.) — *Grube:* Famil. d. Annel. 110, 148 et 149.

Nephelis octoculata *Moq.-Tandon.* — *W. Thompson:* in Ann. nat. hist. XVIII. (1846) 389. — *Ebrard:* Nouv. Monogr. Sangs. 68 (de ovulis et pullis) Tab. VII. 66 (ovulum). Tab. VIII. 75 (var. virescens *M. T.*).

Nephelis octomaculata *Robin?* in Compt. rend. Soc. biol. IV. 157 (non vidi). — *Leuckart:* in Wiegmann's Arch. 1854. II. 339.

Habitaculum. In aquis dulcibus Europae centralis, inter plantas. — Animalcula minora devorant, Mollusca exsugunt.

2. **Nephelis quadristriata** *GRUBE.*

Corpus cinereum, striis dorsalibus longitudinalibus quatuor, punctulis nigris fere confluentibus compositis. Longit. . . . .

Nephelis quadristriata *Grube:* Famil. d. Annel. 110 et 149. — *Idem:* in literis mihi missis dd. 29. Mai 1858.

Habitaculum. America borealis (teste Burmeister).

** Os maxillis instructum. — Coeca aut ocellata.

† Ocelli nulli.

XVIII. PINACOBDELLA *DIESING.*

Corpus elongatum subcylindricum, utrinque, antrorsum in collum attenuatum, scutellato-tabulatum, scutellis s. tabulis duriusculis semicircularibus, dorsalibus 17 et totidem ventralibus, sutura utrinque marginali longitudinali sinuata sejunctis; canaliculo undulato dorsali et sulco ventrali recto, medianis, aequilongis. *Caput* collo conti-

nuum. *Os* terminale, labio supero semicirculari tectum, labio infero brevissimo, maxillis internis tribus cartilagineis, pyramidalibus, triquetris, apicibus convergentibus. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* aperturae genitales. .... *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. *Ovipara.* — In lacubus Georgiae Caucasicae.

In specimine unico spiritu vini asservato ocelli nulli visi.

1. Pinacobdella Kolenatii *DIESING.*

Corpus scutellis dorsalibus et ventralibus rubro-brunneis, transverse nigro-fusco-striatis, granulatis. *Collum* annulis ad 15 angustis cinctum. Longit. corp. ad 10‴; crassit. medio 2‴; longit. colli $1^1/_2$‴; crassit. $^3/_4$‴.

Pinacobdella Kolenatii *Diesing:* Syst. Helm. I. 458. — *Idem:* in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 76. Tab. III. 18—24.

Habitaculum. In lacu Sullū-ghŏll (lacus Hirudinum) in parte boreali provinciae Karabagh (Kolenati).

XIX. TYPHLOBDELLA *DIESING.*

Corpus sublanceolatum semiteres, annulis 81—93 laevibus. *Caput* corpore continuum. *Os* terminale, labio supero semielliptico, infero subnullo, maxillis internis tribus semicircularibus, margine crenulatis, plica longitudinali sub singulâ maxilla. *Ocelli* nulli. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* penis in annulo 25to, apertura genitalis feminea inter annulum 29. et 30mum *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum. *Ovipara.* — In aquis dulcibus subterraneis.

Generi subsequenti omnino affinis, praeprimis ocellorum defectu et situ diverso organorum genitalium externorum discrepans.

1. Typhlobdella Kovátsi *DIESING.*

Corpus antrorsum attenuatum, supra convexum nigro-olivaceum, subtus planum cinereo-flavum. Longit. ad 2″; latit. antrors. 2‴, medio 5‴; diamet. acetab. $1^1/_2$‴.

Typhlobdella Kovátsi *Diesing:* Syst. Helm. I. 459. — *Idem:* in Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. XIV. 77. Tab. III. 25—31.

Habitaculum. In aquis subterraneis cavernae Aggtelekiensis, in Hungaria (Kováts et Schmidl).

†† Ocellata.

α. Ocelli 8.

XX. TROCHETA *DUTROCHET.*

Nephelis *Moquin-Tandon.* — Geobdella *Blainville.*

Corpus subcylindricum, antrorsum in collum attenuatum, annulis ad 120, inaequalibus, minus distinctis. *Caput* collo continuum. *Os* amplum, oblique terminale, labio supero semielliptico, producto, infero subnullo, maxillis internis tribus, parvis, semicircularibus, compressis, haud crenulatis, plicis tribus oesophageis. *Ocelli* octo minimi. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* penis inter 32. et 33tium, apertura genitalis feminea inter 37. et 38vum annulum. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum, semicircularis, amplus. — *Ovipara*, coccum formantia. — *Aquarum* dulcium incolae.

1. **Trocheta subviridis** *DUTROCHET.* — Syst. Helm. I. 459. adde:

Trochetia subviridis *Dutrochet.* — *Grube:* Famil. d. Annel. 110 et 148. — *Ebrard:* Nouv. Monogr. Sangs. 70 (simul de ovulis). Tab. VII. 65 (ovulum). Tab. VIII. 73 (var. rosea) 74 (var. virescens).

Habitaculum. In Galliae fonticulis et fossis, supra terram humidam Lumbricos persequuntur et devorant; coccum abscondunt (Dutrochet) in Algeria (Guyon).

β. Ocelli 10.

XXI. AULASTOMUM *MOQUIN-TANDON.*

Hirudo *Auct.* — Haemopis *Savigny.* — Pseudobdella *Blainville.* — Aulacostoma *Wiegmann.*

Corpus subcylindricum antrorsum angustatum, annulis ad 95 subaequalibus, annulis quinis segmentum constituentibus. *Caput* corpore continuum. *Os* amplum, oblique terminale, labio supero producto, lanceolato, infero subnullo, maxillis internis tribus, ovalibus, haud compressis, sparse obtuse dentatis, plicis oesophageis longis duodecim. *Ocelli* decem. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* penis inter 24. et 25tum, apertura genitalis feminea inter 29. et 30mum annulum. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis supra acetabulum, semilunaris. — *Ovipara*, coccum formantia; animalia voracissima. — In fossis et piscinis, aut supra terram humidam.

1. **Aulastomum Gulo** *MOQUIN-TANDON.* — Syst. Helm. I. 461 et 652. adde:

Cuvier: Règn. anim. 3. édit. Annel. Tab. XXI. 4. — *Ebrard:* Nouv. Monogr. Sangs. 64 (de copulatione, ovo et coeco). Tab. VII. 64 (coecus), Tab. VIII. 67 (var. virescens), 68 (var. flava), 69 (var. castanea).

Aulostoma vorax *Gratiolet:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XIV. 188—189 (de circulat.).

Aulacostoma nigrescens *Wiegmann* et *Ruthe:* Handb. d. Zool. 2. Aufl. 534.

Aulacostomum gulo *Grube:* Famil. d. Annel. 110 et 148.

Habitaculum. In Europae centralis fossis, stagnis et piscinis; pisciculos, larvas aquaticas et Hirudines devorant, imo in propriam speciem saeviunt; supra terram humidam Lumbricos persequuntur, ibique coccum abscondunt.

XXII. BDELLA *SAVIGNY.* Charact. reform.

Paleobdella *Blainville.* — Limnatis *Moquin-Tandon.* — Hirudo *Ehrenberg.*

Corpus cylindrico-conicum, annulis ad 94, aequalibus. *Caput* corpore continuum. *Os* terminale, urceolare, breve bilabiatum, labio supero subtus sulco longitudinali profundo postice dilatato exarato, maxillis internis tribus, ovalibus, subcarinatis, denticulatis. *Ocelli* decem. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* penis inter 23. et 24tum, apertura genitalis feminea inter 28. et 29num annulum. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis subbasilaris, exiguus. *Ovipara.* — *Aquarum* dulcium Africae incolae.

Generi Hirudo proxima, a quo labio supero subtus sulcato differre videtur (Peters).

1. **Bdella nilotica** *SAVIGNY.*

Corpus depressiusculum, supra fusco-brunneum, subtus rufum. *Ocelli* sex in segmento primo, duo in annulo tertio, duo minimi in annulo sexto (septimo?). Longit. 3—3½″; latit. 4—8‴.

Bdella nilotica *Savigny.* — Syst. Helm. I. 460. adde:

Savigny: Descript. de l'Egypte. 2. édit. XXI. 454. — *Peters:* in Berlin. Monatsber. 1854. 609 (de charact. reform.)

Limnatis nilotica *Moquin-Tandon.* — *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

Habitaculum. In *Crocodilorum* faucibus teste Herodoto; in aqua Nili prope Kahiram (Savigny), ibidem (Comes de Schlieffen).

Arabis: Alak.

2. Bdella aequinoctialis *PETERS.*

Corpus supra olivaceum cum vel sine linea longitudinali mediana sanguineo-rubra, marginibus lateralibus aurantiacis, subtus rubro-brunneum cum vel sine maculis nigris, linea longitudinali nigra utrinque ad marginem aurantiacum. Longit. . . .

Bdella aequinoctialis *Peters:* in Berliner Monatsber. 1854. 609.

Habitaculum. Angola, Mossambique, Ibo, Sena (Peters).

3. Bdella trifasciata *EHRENBERG* et *PETERS.*

Corpus supra et subtus olivaceum, marginibus lateralibus et linea dorsali longitudinali rubro-flavis. *Acetabulum* parvum. Longit. . . .

Hirudo (Sanguisuga) trifasciatus *Ehrenberg* msc.

Bdella trifasciata *Peters:* in Berliner Monatsber. 1854. 610.

Habitaculum. Aegyptus (Ehrenberg).

XXIII. HAEMOPIS *SAVIGNY* et *MOQUIN-TANDON.*

Hirudo *Auct.* — Hippobdella *Blainville.*

Corpus subcylindrico-conicum, annulis ad 98 minus distinctis, annulis quinis segmentum constituentibus. *Caput* corpore continuum. *Os* oblique terminale, bilabiatum, labio supero valde producto, sublanceolato, maxillis internis tribus parvis, ovalibus, haud compressis, sparse et obtuse denticulatis. *Ocelli* decem. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna;* penis inter 24. et 25tum, apertura genitalis feminea inter 29. et 30mum annulum. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis subbasilaris. — *Ovipara,* coccum formantia, sanguisuga. — *Aquarum* dulcium Europae et Africae borealis incolae.

1. Haemopis sanguisorba *SAVIGNY.* — Syst. Helm. I. 462. adde:

Haemopis *Leydig:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 131 (anatom.) Tab. VIII. 2. Tab. X. 65, 66, 69, 70.

Haemopis vorax *Grube:* Famil. d. Annel. 109, 148 et 149.

Habitaculum. In fossis, stagnis et piscinis, vulgaris; interdum in mammalium cava intrat; in Europa praeprimis Equos et Boves, in Africa boreali Camelos infestat, pharyngem, laryngem aut nares ingrediens. — Coccum in terra humida abscondit.

XXIV. HIRUDO *RAY* et *LINNÉ.*

Sanguisuga *Savigny.* — Jatrobdella *Blainville.*

Corpus elongatum antrorsum angustatum, depressum, annulis ad 95, aequalibus, laevibus v. granulosis, quinis segmentum consti-

tuentibus. *Caput* corpore continuum. *Os* oblique terminale, bilabiatum, labio supero producto, sublanceolato, maxillis internis tribus, semicircularibus, compressis, denticulorum acutorum scriebus duabus, marginalibus, in serie singula denticulis 60—70. *Ocelli* decem. *Acetabulum* subbasilare ventrale, sessile, circulare. *Androgyna*, enallelogama; penis inter 24. et 25tum, apertura genitalis feminea inter 29. et 30mum annulum. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus dorsalis subbasilaris. *Ovipara*, coccum formantia, sanguisuga. — *Aquarum* dulcium orbis veteris incolae.

1. **Hirudo medicinalis** *RAY* et *LINNÉ.*

Corpus utplurimum griseo-olivaceum, supra fasciis sex, plus minusque distinctis, pictum, marginibus olivaceis, subtus fasciis marginalibus notatum. Longit. 4—7″; latit. 5—6‴.

Ex observationibus cl. Bouniceau patet, individua hujus speciei aetatem 20 et quod excurrit annorum attingere posse.

Varietates:

I. Corpus supra nigrum, subtus rufescens nigro-punctatum, vel nigrescens maculis viridibus, vel viride.

1. Corpus supra fasciis solummodo medianis duabus lilacinis, limbo externo undulatis, subtus rufescens nigro-punctatum, marginibus lilacinis. *Ebrard* Nouv. Monogr. Sangs. 28. Tab. III, 26. 27. ex Oriente (Trebizonde).
2. Corpus supra fasciis utrinque duabus, internis flavis passim dilatatis interruptis, externis ejusdem coloris maculas nigras includentibus, subtus nigrescens maculis viridibus vel viridiflavis regulariter dispositis, marginibus nigris maculis viridiflavis irregularibus. *Ebrard* l. c. 32. Tab. IV. 33. (Var. inconstans?) e Georgia et Persia.
3. Corpus supra nigrum in rufo-cinnamomeum vergens, fasciis sex velutino-nigris, punctis cyaneo-albis in omni annulo quinto, subtus cinereo-nigrum marginibus cinereo-nigris. *Ebrard* l. c. 15. Tab. I. 7. (Var. nigrescens *Moq. Tand.*) e Suecia et Gallia.
4. Corpus supra nigrum in rufo-cinnamomeum vergens, fasciis sex velutino-nigris, punctis cyaneo-albis in omni annulo quinto, subtus nigrum in rufo-cinnamomeum vergens, marginibus cinereo-nigris. *Ebrard* l. c. 15. Tab. I. 8. e Suecia et Gallia.
5. Corpus supra nigrum in rufo-cinnamomeum vergens, fasciis 6 velutino-nigris, punctis cyaneo-albis in omni annulo quinto, subtus viride nigro-marginatum. *Ebrard* l. c. 15. e Suecia et Gallia.

II. Corpus supra olivaceum.

* *Corpus supra nigro-olivaceum, subtus maculis nullis vel nigro-maculatum.*

6. Corpus fasciis maculis nigris et brunneis minus distinctis conflatis *Moq.-Tand.* 2. édit. 331. Tab. VII. 18. (v. nigrescens.)

7. Corpus fasciis nigris, maculis nonnullis laetioribus. *M. T.* 331. Tab. VII. 19. (ξ luctuosa). — *Ebrard* l. c. 18. (var. inconstans).
8. Corpus velutinum, fasciis laete flavis, maculis nullis, marginibus laete viridibus. *Ebrard* l. c. 22. e Gallia, raro.
9. Corpus supra fasciis e maculis flavis, macula nigra centrali, compositis, lineis flavis junctis, subtus sordide viride nigro-maculatum, marginibus flavo-aurantiis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 42. Tab. 47 et 49. Calvados. (Descriptio cum icone haud congruit.)
10. Corpus supra fasciis flavo-aurantiis, medianis maculis nullis, intermediis in omni annulo quinto dilatatis, macula nigra centrali quadrangulari, marginalibus linearibus, subtus sordide viride nigro-maculatum, marginibus flavo-aurantiis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 42. Calvados et Manche.
11. Corpus supra fasciis medianis, maculis nullis vel paucis, intermediis in omni annulo quinto macula nigra triangulari, subtus viride nigro-maculatum, marginibus flavo-aurantiis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 42. Tab. V. 46. Calvados.
12. Corpus supra fasciis medianis et intermediis maculis quadratis, subtus viride nigro-maculatum, marginibus flavo-aurantiis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 42.
13. Corpus supra nigro-viride, stria mediana laete viridi. *Ebrard* l. c. 45. Tab. VI. 54. e Syria.
14. Corpus supra nigro-viride, stria mediana et fasciis utrinque duabus flavis obsoletis. *Ebrard* l. c. 46. Tab. VI. 53. e Syria.
15. Corpus supra nigro-viride stria mediana obscuriore, fasciis longitudinalibus flavis sex, medianis maculis nullis v. paucis nigris, intermediis utrinque nigro-marginatis, maculis magnis rectangularibus nigris in omni annulo quinto, marginalibus undulatis maculis magnis nigris cum intermediis et interdum etiam cum medianis lineis duabus flavis junctis, subtus viride, marginibus viridibus nigro-maculatis inter fascias duas nigras interdum maculis viridibus interruptas. *Ebrard* l. c. 469. Tab. VI. 57 bis, e Corsica.

** *Corpus supra griseo- vel obscure olivaceum, subtus utplurimum nigro-maculatum.*

16. Corpus supra fasciis medianis et intermediis maculis nullis vel maculis parum distinctis *M. T.* 2. edit. 329. Tab. VII. 3. (α vulgaris).
17. Corpus supra fasciis medianis maculis nullis, intermediis maculis nigris quadratis. *M. T.* 330. Tab. VII. 4. (β catenata). — *Ebrard* l. c. 13. Tab. I. 3. 4.
18. Corpus supra fasciis medianis maculis nullis, intermediis maculis triangularibus. *M. T.* 330. Tab. VII. 5. (γ. signata). — *Ebrard* l. c. 13. Tab. I. 12.
19. Corpus supra fasciis medianis punctis nigris, intermediis maculis angularibus. *M. T.* 330. Tab. VII. 6. (δ. serpentina). — *Ebrard* l. c. 13.
20. Corpus supra fasciis e maculis quadratis alternantibus conflatis. *M. T.* 330. Tab. VII. 7. (ε. tesselata). — *Ebrard* l. c. 25. Tab. II. 21. (nec 18.) e Smyrna.

21. Corpus supra fasciis medianis e maculis flavis vel aurantiacis compositis; intermediis flavis vel aurantiacis maculis nigris, marginalibus flavis maculis nigris, subtus viridiflavum densissime nigro-maculatum. *Ebrard* l. c. 31. Tab. IV. 32. e Georgia et Persia.

*** *Corpus supra olivaceum, subtus utplurimum immaculatum.*

22. Corpus supra fasciis vix maculatis. *M. T.* 330. Tab. VII. 10. (ζ. communis) — *Ebrard* l. c. 17. Tab. I. 9.
23. Corpus supra fasciis e maculis nigris conflatis *M. T.* 330. Tab. VII. 11. (η. serialis).
24. Corpus supra fasciis in omni annulo quinto interruptis, maculas longe ellipticas, linea centrali nigra, formantibus. *M. T.* 330. Tab. VII. 12. (ϑ. intermissa).
25. Corpus supra fasciis continuis, in omni annulo quinto lineis duabus transversis nigris inter se junctis. *M. T.* 330. Tab. VII. 13. (ι. transversa). — *Ebrard* l. c. 17. Tab. I. 10. e Gallia (Arles, Landes).
26. Corpus supra fasciis in omni annulo quinto (medianis inter se exceptis) linea transversa rufescente inter se junctis. *M. T.* 331. Tab. I. 14. (χ. provincialis). — *Ebrard* l. c. 18. Tab. I. 11. e Gallia (Arles).
27. Corpus supra fasciis medianis vix maculatis, intermediis macula nigra deltoidea in omni annulo quinto. *Ebrard* l. c. 17. (var. 2) e Gallia (Arles, Landes).
28. Corpus supra fasciis nigro-velutinis, maculis parvis flavis minus distinctis in omni annulo quinto. *Ebrard* l. c. 18. (var. 5) e Gallia (Arles, Landes).
29. Corpus supra fasciis medianis flavis in omni annulo quinto, elliptice dilatatis, fasciis reliquis maculis nigris irregularibus et quibusdam flavis compositis. *Ebrard* l. c. 24. ex Hungaria vel ex Oriente.
30. Corpus supra fasciis medianis distinctissimis aurantiacis in omni annulo quinto, stellato-dilatatis, reliquis evanescentibus. *Ebrard* l. c. 24. Tab. II. 22. 24. ex Hungaria.
31. Corpus supra fasciis medianis aurantiacis, intermediis pallide aurantiacis maculis nigris deltoideis, marginalibus flavis linearibus, fasciis intermediis cum reliquis maculis transversis aurantiacis junctis. *Ebrard* l. c. 24. Tab. II. 23 et 24. e Vallachia.
32. Corpus supra fasciis medianis flavo-aurantiis maculis nullis, intermediis laete flavis, in omni annulo quinto maculis atroviridibus, marginalibus linearibus flavis, fasciis intermediis cum reliquis in omni annulo quinto maculis flavis junctis. *Ebrard* l. c. 25. Tab. II. 18 et 24. ex Hungaria vel ex Oriente.
33. Corpus supra fasciis medianis aurantio-flavis, in omni annulo quinto dilatatis, reliquis e maculis elongatis nigris compositis. *Ebrard* l. c. 26. Tab. II. 19 et 24. ex Hungaria.
34. Corpus supra fasciis medianis flavo-aurantiis vel rubescentibus, intermediis e maculis nigris et flavis alternantibus compositis, marginalibus flavis obsoletis, fasciis intermediis cum medianis maculis transversis

aurantiacis, cum marginalibus maculis transversis flavis junctis. *Ebrard* l. c. 26. Tab. II. 20, et 24. ex Hungaria.

35. Corpus supra fasciis medianis aurantiis, reliquis flavis, omnibus in omni annulo quinto maculis flavis transversis inter se junctis, subtus punctis minimis nigris. *Ebrard* l. c. 29. Tab. III. 30. e Vallachia.
36. Corpus supra fasciis medianis ferrugineis, intermediis flavo-aurantiis, in omni annulo quinto elliptice dilatatis macula nigra deltoidea vel elliptica, marginalibus linearibus flavo-aurantiis cum intermediis in omni annulo quinto lineis duabus transversis flavo-aurantiis junctis. *Ebrard* l. c. 39. Tab. V. 45. e regno Maroccano.
37. Corpus supra sordide viride rubro-adspersum, versus margines pallide viride, fasciis et maculis illis varietatis 32. similibus sed pallidioribus et maculis rubro-castaneis nec nigris, subtus laete viride marginibus viridibus inter fascias duas rubro-castaneas. *Ebrard* l. c. 27. (var. inconstans 1.) ex Hungaria.
38. Corpus supra illi varietatis 32. simile sed partibus in illa nigris vel viridibus, nigro-grisescente vel violaceo tinctis, subtus sordide album vel flavum in viride vergens, marginibus sordide flavis inter fascias duas sordide nigras. *Ebrard* l. c. 27. (var. inconstans 2.) ex Hungaria.
39. Corpus supra illi varietatis 32. simile sed partibus flavis vel viridibus nigro-punctulatis. *Ebrard* l. c. 27. (var. inconstans) e Turcia (Dardanellen).

**** *Corpus supra olivaceum plus minusque flavum, subtus nigro- v. rufo-maculatum vel haud maculatum.*

40. Corpus supra fasciis plus minusque distinctis, subtus magis flavum. *M. T.* l. c. 331. Tab. VII. 16. (λ. chlorogastra). — *Ebrard* l. c. 20. et 21. var. 2. Tab. II. 13. 14. e Gallia (Landes).
41. Corpus supra fasciis flavis inter se haud junctis. *Ebrard* l. c. 21. var. 1. e Gallia (Landes).
42. Corpus supra fasciis maculis triangularibus nigris notatis, subtus maculis nigris adspersum. *Ebrard* l. c. 21. var. 3. e Gallia (Landes).
43. Corpus supra fasciis flavis, medianis et intermediis maculis deltoideis, marginalibus maculis nullis, subtus nigro-maculatum. *Ebrard* l. c. 43. Tab. V. 48. e Gallia (Calvados et Manche).
44. Corpus supra fasciis medianis et intermediis e maculis flavis, lineis nigris junctis, compositis, marginalibus sublinearibus flavis maculis nullis, subtus nigropunctatum. *Ebrard* l. c. 46. (var. C.) e Syria.
45. Corpus supra fasciis flavis, medianis punctis duobus nigris in omni annulo quinto, intermediis macula nigra ellipsoidea in eodem intervallo, marginalibus linearibus cum intermediis passim maculis duabus transversis flavis junctis. *Ebrard* l. c. 47. Tab. VI. 52. e Syria.
46. Corpus supra fasciis angustis flavis sex, medianis et intermediis in omni annulo quinto paulum dilatatis, macula nigra, marginalibus linearibus cum intermediis lineis transversis duabus flavis in omni annulo quinto junctis. *Ebrard* l. c. 47. Race E. e Syria.

47. Corpus supra maculis flavis elongatis parum conspicuis fascia marginali lata pallide aurea, subtus nigro dense maculatum, marginibus flavis interfasciam dorsalem angustissimam et ventralem latam, nigras. *Ebrard* l. c. 49. Tab. VI. 57.
48. Corpus supra fasciis dorsalibus subnullis, supra subtusque flavescens *M. T.* 331. Tab. VII. 17. (μ. chlorina). — *Ebrard* l. c. 29. Tab. III. 29. e Vallachia et 34. Tab. IV. 34. e Georgia et Persia (?).
49. Corpus supra fasciis e maculis flavis in series dispositis, medianis unicoloribus, intermediis et marginalibus puncto roseo centrali instructis compositis, subtus laete viride inter fascias duas roseas. *Ebrard* l. c. 32. Tab. IV. 41. e Georgia.

III. Corpus supra flavum, subtus viride vel flavum utplurimum nigro-maculatum.

50. Corpus supra aurantio-flavum fasciis utrinque duabus roseis, in omni annulo quinto dilatatis, subtus aurantio-flavum nigromaculatum, marginibus roseis. *Ebrard* l. c. 34. Tab. IV. 35. e Georgia.
51. Corpus supra stria mediana angusta caerulescente-viridi, et fasciis duabus e maculis aurantiacis irregularibus et duabus marginalibus e maculis nigris parum conspicuis compositis, subtus flavum nigro-punctatum, marginibus laete flavis. *Ebrard* l. c. 29. Tab. III. 28. e Vallachia et Georgia.
52. Corpus supra stria mediana lata brunnea, et fasciis utrinque duabus e maculis deltoideis nigris compositis, subtus viride, marginibus grisescenti-flavis. *Ebrard* l. c. 30. Tab. III. 31. e Polonia.

IV. Corpus supra fulvum, subtus pallide fulvum vel viride, maculis nullis.

53. Corpus supra fasciis linearibus brunneis, inter medias extus et marginales intus undulatas maculae oblongae in seriem longitudinalem dispositae. *M. T.* 332. Tab. VIII. 3. (ρ. elegans). — *Ebrard* l. c. 19. Tab. II. 12. (adulta).
54. Corpus supra fasciis linearibus aequalibus brunneis. *M. T.* l. c. 332 Tab. VIII. 4. (ς. lineata). — *Ebrard* l. c. 19 (juvenis).
55. Corpus supra medio viride, versus margines vinaceo-rubrum, fasciis 2—3 e maculis nigris minus distinctis compositis, subtus viride marginibus viridibus nigromaculatis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 20. (var. inconstans) e Gallia (Landes, Arles) et Hispania.

V. Corpus supra brunneum, subtus utplurimum nigro-punctatum.

56. Corpus supra fasciis e maculis nigris conflatis. *M. T.* l. c. 332. Tab. VIII. 5. (τ. obscura). — *Ebrard* l. c. 47. Tab. VI. 56. e Syria.
57. Corpus supra fasciis medianis et intermediis pallide fulvis punctulorum nigrorum serie longitudinali, marginalibus nigricantibus. *M. T.* l. c. 332

Tab. VIII. 6. (*υ.* lentiginosa). — *Ebrard* l. c. 44. Tab. V. 50. e Gallia (Provence) et Hispania.

58. Corpus supra fasciis medianis pallide fulvis, intermediis ejusdem coloris macula nigra in omni annulo quinto, marginalibus nigrescentibus. *M. T.* l. c. 332. Tab. VIII. 7. (*φ.* vittata).

59. Corpus supra fasciis nigris, intermediis puncto albo uno et marginalibus punctis duobus confluentibus in omni annulo quinto. *Ebrard* l. c. 45. Tab. VI. 51. (var. colorationis) e Gallia (Provence) vel Hispania.

60. Corpus supra fasciis sordide flavis nigromaculatis, subtus pallide brunneum maculis nullis. *Ebrard* l. c. 21. Tab. II. 15. e Gallia (Landes).

VI. Corpus supra carneum v. rosaceum, subtus magis pallidum immaculatum vel sordide viride nigromaculatum (Albinismus).

61. Corpus supra fasciis utrinque tribus e maculis flavis lineis nigris junctis compositis, subtus sordide viride nigro-maculatum, marginibus flavo-aurantiis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 42. (var. 2) e Gallia (Calvados et Manche).

62. Corpus supra fasciis utrinque tribus e maculis flavis, interdum maculis nigris centralibus notatis, compositis, subtus sordide viride nigro maculatum, marginibus flavo-aurantiis inter fascias duas nigras. *Ebrard* l. c. 42. (var. 1) e Gallia (Calvados et Manche).

63. Corpus supra fasciis e maculis paucis in series longitudinales dispositis obsoletis compositis, subtus magis pallidum maculis nullis. *M. T.* l. c. 331. Tab. VIII. 1. (*ο.* pallida). — *Ebrard* l. c. 50. Tab. VI. 59 et 60.

64. Corpus supra nec fasciatum, nec maculatum, subtus magis pallidum, maculis nullis. *M. T.* l. c. 331. Tab. VIII. 2. (*π.* carnea). — *Ebrard* l. c. 50. Tab. VI. 58.

Hirudo medicinalis *Ray* et *Linné*. — Syst. Helm. I. 465 et 652. adde: *Ehrenberg:* in Abhandl. d. Berliner Akad. 1834. 726. Tab. VI. 7. — *Valentin:* in Nov. Act. Nat. Cur. XVIII. (1836) 202. Tab. VIII. (de syst. nerv.) — *Helmholtz:* de fabrica systematis nervosi evertebratorum dissertatio. Berol. 1842. 12. — *Hannover:* Recherches microscopiques sur le système nerveux. Copenhague 1844. 72. — *Will:* in Müller's Arch. 1844. 82 (de syst. nerv.) — *Bowerbank:* in Ann. nat. hist. XV. (1845) 301 (de cocco). — *Lereboullet:* in Institut. 1846. 421 (anatom.) — *E. H. Weber:* Brief an Rusconi: in Müller's Arch. 1846. 429—434 (de evolutione). — *Quatrefages:* in Règn. anim. illustr. Annelid. Tab. I. et XXIV. (anatom.) — *Idem:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. VIII. (1847) 90 (anatom.), 3. sér. XVIII. (1852). 167—179 (anatom.) — *Leydig:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 133 (anatom.) Tab. IX. 42. Tab. X. 71. — *Gratiolet:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XIV. 188—189 (de circulat.) et *Froriep's* Tagesber. Zool. II. 108 et *Leuckart:* in Wiegmann's Arch. 1854. 2. 338. — *Budge:* in Verhandl. d. nat. Ver. d. preuss. Rheinl. VII. (1851) 260

(de maxillis et earum dentibus). — *Grube:* Famil. d. Annel. 109, 148 et 149. — *Fermond:* in Compt. rend. XXXII. (1851) 719—722 (de reproduct.) — *Busquet:* Manuel d'hirudiculture ou de l'élève des sangsues. Bordeaux 1854. 8. — *Faivre:* in Annal. des sc. nat. 4. sér. IV. (1855) 249—256 (sur le grand sympathique), 257—260 et ibid. V. (1856) 359—374 (de syst. nerv.), ibid. VI. (1856) 16—43 (de syst. nerv.) et 60—64. Tab. I. 1—8. Tab. II. 1. — *Tchihatcheff:* Asie mineure. II. partie. 1856. 787 - 790 (generalia). — *Ebrard:* in Compt. rend. XLIII. (1856) 1012 (de cocco). — *Idem:* Nouvelle Monographie des sangsues médicinales. Paris 1857. I—XXII. et 1—58, 72—494 cum tabul. — *Leconte* et *Faivre:* in Compt. rend. XLV. (1857) 628 (de analysi chemica nerv.) — *Vayson:* ibid. XLVI. 838 (de alimentatione).

Hirudo officinalis *Grube:* Famil. d. Annel. 109 et 149.

Blutegel *Bruch:* in Zeitschr. f. wissensch. Zool. I. 164—174. Tab. XII. (de syst. nerv.)

Hirudo Sanguisuga *Bouniceau:* in Annal. des sc. nat. 3. sér. XIX. (1853) 379—382 (de aetate et de reproduct.) — *Idem:* Résumé de ses communications sur la sangsue officinale. 1857.

De bibliographia Gallorum cfr. insuper Ebrard: Nouv. Monogr. 453—468.

Habitaculum. In fossis, stagnis et piscinis per totam fere Europam, Asiam occidentalem et Africam septentrionalem.

2. (2*.) **Hirudo chloronota** *WAHLBERG.*

Corpus supra atrovirens, concolor, marginibus lateralibus ferrugineis, subtus nigrum, medio irregulariter flavo-maculatum, fascia interrupta longitudinali flava utrinque versus marginem lateralem. Longit. . . .

Sanguisuga chloronota *Wahlberg:* in Öfvers. Kongl. Vetensk. Akad. Forhandl. Stockholm XII. (1855) 233—234. — versio germ. *Creplinii:* in Halle Zeitschr. 1856. 272.

Habitaculum. In Suecia (Keyser).

Fortasse nihil nisi varietas aberrans H. medicinalis (Wahlberg).

3. (2.) **Hirudo albopunctata** *DIESING.* — Syst. Helm. I. 468. adde:

Sanguisuga albipuncta *Wahlberg:* in Forhandl. vid de Skandinaviske Naturforskarnes tredje Möte. Stockholm 1842. 666.

4. (3.) **Hirudo Troctina** *JOHNSTON.* — Syst. Helm. I. 468. adde:

β. guttata. — *Ebrard:* Nouv. Monogr. des Sangs. médicin. 36. Tab. IV. 37 et 40 (algerica). — *Idem:* ibid. 37. Tab. V. 42, 43 (marocana).

γ. concatenata. *Ebrard* l. c. 36. Tab. IV. 38 et 40 (algerica). — *Idem* l. c. 37 (marocana).

δ. flammulata. *Ebrard* l. c. 36. Tab. IV. 36 et 40 (algerica). — *Idem* l. c. 38 (marocana).

ε. tripolitana. Maculae lineis aurantiacis nigro-marginatis, processus transversales emittentibus, longitudinaliter junctae. *Ebrard* l. c. 36. Tab. IV. 39 et 40.

ζ. constantinica. Maculae medianae aurantiacae, intermediae puncto centrali nigro, marginales nigrae transversales rectangulares, omnes lineis aurantiacis, processus transversales emittentibus, longitudinaliter junctae. *Ebrard* l. c. 38. Tab. V. 44.

Hirudo medicinalis var. interrupta *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

Sanguisuga troctina *Moq.-Tand.* — *Quatrefages:* in Compt. rend. XLV. (1857) 679 (de usu in medicina et de conservatione).

Habitaculo adde: In Sardinia et in Hispania (Ebrard).

5. (4.) **Hirudo Verbana** *CARENA.* — Syst. Helm. I. 469. adde: Hirudo medicinalis var. Verbana *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

6. (5.) **Hirudo granulosa** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 469. adde: *Grube:* Famil. d. Annel. 109, 148 et 149.

7. (6.) **Hirudo mysomelas** *HENRY, SERULLAS* et *VIREY.* — Syst. Helm. I. 469. adde:

Grube: Famil. d. Annel. 109, 148 et 149.

8. (6*.) **Hirudo javanica** *WAHLBERG.*

Corpus supra cinereo-olivaceum, fascia mediana nigra, interrupta, e maculis rectangularibus angustis longitudinalibus, cum maculis circularibus e maculis minoribus pluribus constantibus et punctis minimis alternantibus composita, marginibus lateralibus laete flavis, maculis transversalibus rectangularibus nigris; subtus ferrugineum, marginibus lateralibus aequalibus, continuis, nigris. Longit. . . .

Sanguisuga javanica *Wahlberg:* in Öfvers. Kongl. Vetensk. Akad. Forhandl. Stockholm XII. (1855) 233—234; versio *Creplinii:* in Halle Zeitschr. 1856. 271.

Habitaculum. Samarang in Java . . . (Pihlgren).

9. (6**.) **Hirudo tagalla** *MEYEN.*

Corpus latum, brunneo-flavum, supra maculis parvis irregularibus nigris notatum, vitta longitudinali angusta dorsali mediana nigra. Longitudo aliquot pollicum.

Sanguisuga tagalla *Meyen:* Reise um die Erde. II. 269. — *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

Habitaculum. In sylvis humidis insulae Luçon in altitudine 1000—1200′, arbores adscendens (Meyen).

Peregrinatores infestat; sanguinem avide haurit, cicatrices minores relinquit quam Hirudo medicinalis regionum nostratium.

Species inquirendae.

10. **Hirudo sinica** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 470. adde: *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

11. **Hirudo japonica** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 470. adde: *Grube* l. c. 109.

12. **Hirudo zeylanica** *BLAINVILLE.* — Syst. Helm. I. 470. adde: *Grube* l. c. 109.

13. **Hirudo costaricensis** *GRUBE* et *OERSTED.*

Corpus margine obsolete crenulatum, cinereum striis longitudinalibus dorsalibus nigricantibus 4, aequaliter distantibus, exterioribus angustioribus. Longit. 2″ 9‴; latit. maxim. ad annul. 92dum. 9‴.

Hirudo (Aulacostomum?) costaricensis *Grube* et *Oersted.* — *Grube:* in literis mihi missis dd. 29. Maio 1858.

Habitaculum. Costarica (Oersted).

14. **Hirudo batavica** *EBRARD.*

Sangsue de Batavia *Ebrard:* Nouv. Monogr. Sangs. 53.

Habitaculum. Batavia (Martin).

15. **Hirudo ornata** *EBRARD.*

Sangsue ornée *Ebrard* l. c. 55.

Habitaculum. In America septentrionali - occidentali (Ebrard).

16. **Hirudo scotica** *EBRARD.*

Sangsue écossaise *Ebrard* l. c. 54.

Habitaculum. In Scotia (Ebrard).

17. **Hirudo hypochlora** *WAHLBERG:*

in Forhandl. vid de Skandinaviske Naturforskarnes tredje Möte. Stockholm 1842. 667. — *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

Habitaculum. Java (Wahlberg).

18. **Hirudo Vacca** *QUATREFAGES.*

Sanguisuga Vacca *Quatrefages:* in Cuvier Règn. anim. 3. édit. Annel. Tab. XXI. 3. — *Grube:* Famil. d. Annel. 109.

Habitaculum....

Genus insufficienter cognitum.

XXV. OXYPTYCHUS *GRUBE.*

Corpus elongatum annulatum. *Caput* corpore continuum. *Os* bilabiatum, maxillis internis tribus, semicircularibus, denticulatis. *Ocelli* decem. *Acetabulum* parum constrictum. *Androgyna;* aper-

turae genitales post annulum 28vum et inter annulum 29. et 30mum; penis nullus. *Anus* dorsalis subbasilaris. — Americae meridionalis incolae.

Genus a cl. *Grube* inter genera Haemopis et Aulastomum dispositum, a quibus situ aperturarum genitalium differt.

1. **Oxyptychus striatus** *GRUBE.*

Oxyptychus striatus *Grube:* Famil. d. Annel. 110 et 148. — *Idem:* in literis mihi missis dd. 29. Maio 1858.

Habitaculum. Montevideo (teste Burmeister).

SECTIO II. CENTROPROCTA.

Anus in centro acetabuli situs.

XXVI. ACANTHOBDELLA *GRUBE.*

Corpus subfusiforme depressiusculum, antrorsum magis attenuatum, glandulosum, annulis circa 80, annulo 1., 2., 3., 5. et 9no utrinque uncinulis minimis 2—4 armato. *Caput* corpore continuum. *Os* subterminale circulare, exiguum, papillae impositum. *Acetabulum* subterminale posticum. *Androgyna;* apertura genitalis una sub annulo 31mo, altera sub annulo 32do. — *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus subcentralis in acetabulo situs. — *Piscium* lacuum Sibiriae ectoparasita.

1. **Acanthobdella Peledina** *GRUBE.*

Corpus pallide cinereo-flavum, medio striis longitudinalibus cum annulis clathrum formantibus. *Acetabulum* latitudine corporis, parum excavatum. Longit. 9‴—1″ 3‴.

? Lumbrici marini species oxyura *Pallas:* Miscell. Zool. Tab. XI. 7. 8 (et 9?).

Acanthobdella Peledina *Grube:* in Middendorff Sibir. Reise Bd. II. Th. 1. Annel. 20 (cum anatom.) Tab. I. 1. 1ª, 1ᵇ. — *Idem:* Famil. d. Annel. 116 et 150. — *Leuckart:* in Wiegmann's Arch. 1854. II. 339.

Habitaculum. *Salmo Peled:* ad corpus in lacubus Sibiriae (Middendorff).

XXVII. CENTROPYGOS *GRUBE* et *OERSTED.*

Corpus elongatum subteres, antrorsum sensim valde attenuatum, postice crassum, distincte annulatum, annulis 96. *Caput* corpore continuum (labio supero oblongo?). *Ocelli* nulli. *Acetabulum* subterminale posticum, margine spinulis aliquot obsitum. *Androgyna;* apertura genitalis una inter annulum 27. et 28vum, altera sub an-

nulo 30mo. *Tractus intestinalis* unicruris, ano stipatus; anus subcentralis in acetabulo situs. — *Americae* centralis incolae.

1. **Centropygos Jocensis** *GRUBE* et *OERSTED.*

Corpus nigro-carneum. *Acetabulum* ad basin haud coarctatum, latitudine corporis, spinulis brevissimis 4 (?). Longit. 3½″; latit. maxima inter annulum 60. et 70mum fere 3‴.

Centropygos Jocensis *Grube* et *Oersted:* in Bericht über die 33. Versammlung deutsch. Naturf. und Ärzte zu Bonn 1857 (adhuc. inedit.). — *Grube:* in literis mihi benevole communicatis dd. 29. Maio 1858.

Habitaculum. St. Joce in America centrali (A. Oersted).

Genus exstinctum.

XXVIII. HIRUDINELLA *MÜNSTER.*

Corpus subcylindricum depressum, utraque extremitate attenuatum rotundatum. *Acetabulum*..... E formatione calcarea lithographica.

1. **Hirudinella angusta** *MÜNSTER.* — Syst. Helm. I. 471. adde: *Pictet:* Traité de Paléontologie. 2. édit. II. 573.

2. **Hirudinella tenuis** *MÜNSTER.* — Syst. Helm. I. 471. adde: *Pictet* l. c. 573.

Bdellidea genere penitus dubia, confer Syst. Helm. I. 473—476.

Index generum et specierum.

Acanthobdella Grube: Peledina 510.
Astacobdella Vallot: Abildgaardi 488, chilensis 488, Philadelphica 488, Roeseli 488.
Aulacostoma Wiegmann: *Gulo* 499, *nigrescens* 499.
Aulastomum Moquin-Tandon: Gulo 499.
Bdella Savigny: aequinoctialis 500, nilotica 499, trifasciata 500.
Branchellion Savigny: *orbiniensis* 482, *pinnatum* 480.
Branchiobdella Odier nec Rudolphi: *Astaci* 480, *parasita* 480.
Branchiobdella Rudolphi nec Odier: orbiniensis 482, Ravenelii 482, Rudolphii 481, Scolopendra 481.
Centropygos Grube et Oersted: Jocensis 511.
Clepsine Savigny: affinis 493, algerica 493, bioculata 493, Carenae 494, carinata 493, catenigera 493, *circulans* 493, complanata 493, costata 493, *costata* 493, Eachana 494, *heteroclita* 494,

hyalina 493, marginata 493, paludosa 493, *papillosa* 494, parasitica 493, Rissoi 493, sanguinea 493, Sowerbyi 493, succinea 493, Swampina 494, tessulata 495, verrucata 494.

Cyclocirra Müller: *Thompsoni* 477.

Cystobranchus Diesing: Troscheli 483.

Glossosiphonia Johnston: *Eachana* 495.

Gyrocotyle Diesing: rugosa 492.

Haemocharis Savigny: *agilis* 485.

Haemopis Savigny: sanguisorba 500.

Haementeria Filippi: Ghilianii 486.

Hirudinella Münster: angusta 511, tenuis 511.

Hirudo Ray et Linné: albopunctata 507, batavica 509, chloronota 507, costaricensis 509, granulosa 508, hypochlora 509, japonica 509, javanica 508, medicinalis 501, mysomelas 508, ornata 509, *parasitica* 493, scotica 509, sinica 509, tagalla 508, *trifasciata* 500, Troctina 507, Vacca 509, Verbana 508, Zeylanica 509.

Ichthyobdella Blainville: agilis 485, Anarrhichae 485, Cichlae 485, fasciata 484, Geometra 485, maculata 484, sanguinea 485, stellata 484, vittata 485.

Liostomum Wagler: coccineum 495.

Malacobdella Blainville: Auriculae 492, grossa 491, Valenciennaei 491.

Monopus Gosse: medusicola 490.

Myzobdella Leidy: lugubris 489.

Myzostomum Leuck.: *cirriferum* 478 et 479, costatum 479, glabrum 477, Schultzeanum 479, Thompsoni 478, tuberculosum 498.

Nephelis Savigny: octomaculata 496, quadristriata 496, *tesselata* 495, vulgaris 496.

Oxyptychus Grube: striatus 510.

Ozobranchus Quatrefages: Menziesi 480.

Phyllobranchus Girard: *Ravenelii* 483.

Pinacobdella Diesing: Kolenatii 497.

Piscicola Blainville: *agilis* 485, *maculata* 484, *marina* 485, *respirans* 483, *sanguinea* 485.

Podobdella Diesing: Endlicherii 490.

Pontobdella Leach: areolata 487, *depressa* 486, depressa 487, indica 486, laevis 487, lubrica 487, spinulosa 486, verrucata 487.

Sanguisuga Savigny: *albipuncta* 507, *chloronota* 507, *javanica* 508, *tagalla* 508, *Vacca* 509.
Trachelobdella Diesing: Kollari 489, Mülleri 489.
Trocheta Dutrochet: subviridis 498.
Typhlobdella Diesing: Kovátsi 497.

Nachschrift.

Der Druck dieser Abhandlung war bereits seiner Vollendung nahe, als mir noch nachstehende, auf den Gegenstand derselben bezügliche, Schriften zukamen:

G. Wagener: Enthelminthica Nr. V et VI. Vorgetragen in der Sitzung der naturforschenden Freunde in Berlin vom 15. December 1857 und abgedruckt in Wiegmann's (jetzt Troschel's) Arch. 1858. I. 244—256 Tafel VIII und IX.

Van Beneden: Mémoire sur les vers intestinaux. Avec XXVII planches. Paris 1858. 4.

Van Beneden: Histoire naturelle d'un animal nouveau, désigné sous le nom d'Histriobdella: in Bullet. de l'Acad. Belgique. 2. sér. V. (1858.) N. 9 et 10. avec fig.

Gervais et *Van Beneden:* Zoologie médicale. Vol. II. Paris 1859. 8.

Ich beabsichtige die hieraus zu entnehmenden, zur Vervollständigung meiner Revision der Myzhelminthen erforderlichen, Zusätze in diesen Blättern als Nachtrag in Bälde zu veröffentlichen.

Über die Familie der Rissoiden und insbesondere die Gattung Rissoina.

Von **Gustav Schwartz v. Mohrenstern.**

(Auszug aus einer für die Denkschr. bestimmten von Dr. Hörnes vorgelegten Abhandlung.)

Der lebhafte Wunsch, zur Ausbeutung der Fossilreste des Wiener Tertiärbeckens beizutragen, führte Herrn v. Schwartz beim Sammeln in den so reichen Fundstätten desselben bald auf eine Anzahl neuer Mollusken, von welchen mehrere der Familie der Rissoiden angehörten, und ihn durch die Schwierigkeiten, die bei ihrer Bestimmung zu überwinden waren, veranlassten, diese Familie in ihrem ganzen Umfange zu studiren. Es stellte sich gleich Anfangs heraus, dass in der Schalthierkunde kaum eine zweite Familie so vernachlässigt sei wie diese, und dass einzig und allein dem wissenschaftlich so hoch gebildeten England der Ruhm gebühre die dort einheimischen Arten aus dem Chaos ausgeschieden und zuerst ausführlich beschrieben zu haben. Je grösser jedoch die Schwierigkeiten waren, die sich dem Verfasser entgegenstellten, desto grösser war aber auch der Reiz dieselben zu überwinden.

Es wurde vor Allem die gesammte Literatur erschöpfend ausgezogen, dann bereiste der Verfasser mehrmal ganz Europa, um die Original-Exemplare der Autoren, die sich theils in den öffentlichen Museen, theils in Privathänden vorfanden, zu zeichnen und zu beschreiben.

Wesentliche Dienste leisteten ihm hiebei in England Hanley, Jeffreys, Cuming; in Frankreich Deshayes, d'Orbigny, Michaud, Recluz und Martin; in Belgien Nyst und Cantraine; in Schweden Professor Lovén und in Deutschland von Lichtenstein, Weiss, Dunker, Anton u. a.

Nachdem nun das vollständigste Material aufgehäuft war, wurde dasselbe sorgfältig gesichtet; es ergab sich, dass von 587 bis jetzt aufgestellten Arten von Rissoen 92 anderen Gattungen angehören, und es verblieben also nur 495 Arten, von denen 128 auf *Rissoina*

und 367 auf *Rissoa* entfallen, aber selbst diese wurden vom Verfasser auf 86 Rissoinen und 204 Rissoen reducirt.

Die vorliegende Arbeit enthält vorerst die Geschichte der Gattung *Rissoa* seit ihrer Entstehung im Jahre 1813 durch Freminville bis in die neueste Zeit. Es werden die Arbeiten von Sowerby, Defrance, Payraudeau, Marcel de Serres, Grateloup, Eichwald, Andrzejowsky, Bronn, Woodward, Michaud, Deshayes, Dujardin, Wood, d'Orbigny, Cantraine, Recluz, Philippi, Nyst, Adams, Arthur Adams Forbes und Hanley erwähnt und kritisch gewürdigt.

Hierauf folgt das Allgemeine über die von Forbes und Hanley zuerst aufgestellte Familie „*Rissoidae*", namentlich über die Anatomie der Thiere, die verschiedene Beschaffenheit der Zunge, ihre Lebensweise und geographische Verbreitung. Sie werden in allen Tiefenregionen gefunden bis zu einer Tiefe von 105 Faden, doch die Mehrzahl in den oberen. Ihre Heimath sind die gemässigten Klimate, doch werden sie einzeln in den meisten Meeren getroffen und nur die verlängerten Formen (die Rissoinen) gehören ausschliesslich wärmeren Meeren an, während die dünnschaligen ohne Mundwulst mehr dem Norden zukommen.

Von allen Meeren ist das Mittelmeer das reichste an Rissoen, dann kommt die Küste von England, doch nehmen dort die Rissoen an Grösse, Stärke und Farbenpracht schon ab, und zeigen einen mehr nördlichen Charakter; sie scheinen bis auf vereinzelte Exemplare, die Herr Prof. Lovén aufgefunden hat, nicht über den nördlichen Polarkreis hinauszureichen.

Was die von den Paläontologen in ihren Werken angeführten Arten von *Rissoa* und *Rissoina* betrifft, so sind alle Formen, die aus älteren Schichten als der Tertiärformation angeführt werden, im höchsten Grade zweifelhaft.

Den Schluss bildet die genaue Beschreibung sämmtlicher der Gattung *Rissoina* angehörigen 86 Arten. Dieselben wurden nach ihrer äuseren Verwandtschaft in 6 Gruppen geordnet: in Gehäuse mit breiten Längsrippen und meist feiner Querstreifung, 2. mit schmalen Längsrippen ohne deutliche Querstreifung, 3. mit sehr feinen gedrängten Längs- und Querstreifen, 4. gegitterte, 5. in solche Formen, von denen nur die oberen Windungen längsgerippt, die unteren fein quergestreift sind, und endlich 6. in glatte.

Über das Gefüge der Substantia propria corneae.

Von **Dr. Alexander Rollett,**

Assistent bei der physiologischen Lehrkanzel der Wiener Universität.

(Mit 2 Tafeln).

Es herrscht wenig Übereinstimmung in den Ansichten über das Gefüge der zwischen dem äusseren Epithelium und der glasartigen Lamelle eingeschlossenen Hornhautschichte.

Die Lehre von der Faserigkeit der *Substantia propria corneae*, welche von Valentin [1]) im Jahre 1836 in die neuere Gewebelehre eingeführt wurde, zählt eine Reihe von Anatomen und Ophthalmologen zu ihren Anhängern.

Nach Valentin schrieben: Henle in seiner allgemeinen Anatomie, Pappenheim in seiner speciellen Gewebelehre des Auges [2]), Brücke in seiner anatomischen Beschreibung des menschlichen Augapfels [3]) in gleichem Sinne über die Hornhaut, und in den Handbüchern von Todd-Bowman, Gerlach und Kölliker findet man die Lehre von der Faserigkeit der *Substantia propria corneae* wieder.

Henle, welcher wie gesagt in seiner „allgemeinen Anatomie" die obige Lehre gleichfalls vorgetragen hatte, setzte an deren Stelle später eine andere [4]), die an Dornblüth [5]) ihren Vertheidiger fand. Darnach soll die Hornhaut aus zahlreichen Schichten structurloser Lamellen bestehen.

---

[1]) Repertorium der Physiologie 1836, p. 311.

[2]) Breslau 1842, p. 55.

[3]) Berlin 1847, p. 9.

[4]) Canstatt's Jahresbericht für 1852, p. 26 u. 27, I. Bd.

[5]) Henle und Pfeiffer's Zeitschrift für rationelle Medizin, N. F., Bd. VII und VIII, p. 212 u. 156.

Andererseits hat man aber, seit Reichert sein Continuitätsgesetz aufgestellt und Virchow die Identitäts-Erklärung von Knochen-, Knorpel- und Bindegewebskörperchen vollzogen hat, auch das Hornhautgewebe der sogenannten Bindesubstanzgruppe einverleibt.

Man betrachtet dabei den chondringebenden Antheil der *Substantia propria corneae* als structurlose Intercellularsubstanz zwischen den von Toynbee entdeckten und von Virchow unabhängig wieder gefundenen Corneakörperchen.

Die Bündel der früheren Autoren werden für Streifen von Intercellularsubstanz, getrennt von einander durch die heterogenen Einlagerungen, die Fasern für Kunstproducte erklärt.

Strube hat den Bau der Hornhaut also dargestellt [1]).

Leydig bekennt sich zur selben Lehre [2]).

In der Abhandlung von Hiss [3]), der eingehendsten unter allen, ist durch die mit facultativer Spaltbarkeit begabten Hornhautlamellen eine Annäherung an die ältere Lehre versucht.

Endlich muss ich noch anführen, dass vor Kurzem Classen [4]) eine Kritik der verschiedenen Ansichten über den Hornhautbau zum Vorwurf seiner Rostocker Habilitationsschrift gemacht hat, in welcher er Gelegenheit nimmt, der alten Lehre von der Faserigkeit der *Subst. propr. corn.* das Wort zu reden.

Was ich so eben aus der Literaturgeschichte kurz angemerkt habe, weist genügend auf die Thatsache hin, dass die Ansichten über die *Subst. propr. corn.* ähnliche Wandlungen erlitten haben wie die Ansichten über das Bindegewebe.

Da ich aber die letzteren nicht resultatlos auf die Probe einer methodischen Untersuchung des bezüglichen Objectes gestellt hatte, so war es naheliegend, mit den ersteren ein Gleiches zu thun.

In meiner Abhandlung [5]) über das Bindegewebe wurde angegeben, dass man sich von der Faserigkeit des im fertig gebildeten

---

[1]) Der normale Bau der Hornhaut und die pathol. Abweichungen in demselben. Diss. inaug. Würzburg, 1851.

[2]) Histologie des Menschen und der Thiere, p. 221 u. 230.

[3]) Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea. Basel 1856, p. 12 u. s. f.

[4]) Über die Histologie der Hornhaut. Rostock 1858, p. 25.

[5]) Sitzungsber. der kais. Akademie zu Wien, mathem.-naturw. Classe, Bd. XXX, Nr. 13, p. 37.

Organismus vorhandenen Bindegewebes am besten überzeugen könne, wenn man es auflockert durch Extraction eines in dasselbe eingelagerten löslichen Körpers, welcher die Xanthoproteinsäure-Reaction gibt [1]).

Was ausser den schon in der Einleitung angeführten Momenten noch ganz besonders dazu bestimmen konnte, die Hornhaut einer ganz ähnlichen Prüfung zu unterwerfen wie das Bindegewebe, war, dass man durch die einfache, instrumentale Präparation der *Subst. propr. corn.* stets auf faserige Elemente geführt wird, die ihres constanten Erscheinens halber wenigstens eben so gut für die natürlichen Ergebnisse der Zergliederung, als für durch eine Zerspaltung der Hornhautsubstanz erzeugte Kunstproducte erklärt werden können; ferner dass im Parenchyme der Hornhaut Eiweisskörper vorfindlich sind, die von Funke [2]), nachdem er sie durch Auslaugen fein zerschnittener Hornhäute gewonnen hatte, sogar chemisch näher bestimmt wurden, dass endlich diese Eiweisskörper nicht etwa nur auf die Corneakörperchen beschränkt sind, sondern wirklich die ganze Substanz durchtränken und Veranlassung geben, dass diese letztere, mit Salpetersäure und Ammoniak behandelt, sich durch und durch gelb färbt.

---

[1]) Seither ist mir eine Abhandlung von Payen (Über die Zusammensetzung des Leders. Erdmann's Journal für prakt. Chemie, Bd. LXXI, p. 341) bekannt geworden. Aus dieser will ich Einiges hier citiren, weil die darin ausgesprochenen Ansichten so gut mit den von mir auf anderem Wege gewonnenen Erfahrungen übereinstimmen. Es heisst dort: „Die Rindshaut enthält dichte widerstehende Theile und Theile von geringerem Zusammenhange und anderen Eigenschaften“: ferner: „Durch längeres Gerben werden die weniger dichten Theile der Haut allmälig gelöst, wodurch die relative Menge der fibrösen widerstehenden Theile sich vergrössert, wobei das Leder eine zugleich weichere, minder brüchige und zähere Beschaffenheit erhält“. Weiterhin spricht Payen die Ansicht aus, dass die in den verschiedenen Gerbemethoden angewendeten Agentien die weniger dichten Theile der Haut ihrer leichten Veränderlichkeit halber angreifen, sich mit ihnen verbinden und dieselben theilweise auflösen werden, dass man durch Ausziehen des zersetzbaren Theiles der Haut ein schwammiges und geschmeidiges Leder erhält, während dasselbe dichter aber brüchig wird, wenn man geringere Mengen jenes zersetzbaren Theiles auszieht. Er weist ferner darauf hin, dass sich aus der von ihm angeführten Constitution der Haut leicht erklären lasse, wie in den direct getrockneten, oder in den mittelst der einfachen Operation der Pergamentbereitung zugerichteten Häuten die schwach zusammenhängende Substanz ein Adhäriren aller Theile unter sich bewirkt, die Dicke vermindert und die erforderliche Starrheit dieser Producte hervorbringt.

[2]) Lehrbuch der Physiologie, 2. Auflage 1858, Bd. II, p. 160.

Zur Auflockerung des Bindegewebes bediente ich mich des Kalk- und Barytwassers, weil diese Flüssigkeiten den im Bindegewebe vorhandenen Eiweisskörper ausziehen, ohne sogleich auch verändernd auf die leimgebende Substanz des Bindegewebes einzuwirken.

Für die Untersuchung der Hornhaut konnte ich mich dieser Flüssigkeiten nicht bedienen, denn sowohl das Kalkwasser, in welchem man Bindegewebe viele Monate lang unverändert bewahren kann, als noch vielmehr das Barytwasser, welches auch das Bindegewebe schon nach tagelangem Einwirken in höherem Grade verändert, greifen alsbald die chondringebenden Bestandtheile der *Subst. propr. corn.* an, wie ja auch das destillirte Wasser, welches das Bindegewebe nahezu unverändert lässt, in kürzester Frist ein beträchtliches Anschwellen der Hornhaut zu Stande bringt.

Ich lernte aber eine andere Methode kennen, welche für die Untersuchung des Bindegewebes und der Hornhaut gleich tauglich ist.

Sie besteht in der Behandlung jener Texturen mit übermangansaurem Kali. Dasselbe zerfällt unter dem Einflusse reducirender Substanzen bekanntlich nach der Formel:

$$Mn_2O_7KO = 2MnO_2 + 3O + KO.$$

Béchamp [1]) benützte es vor einiger Zeit speziell zur allmäligen Oxydation histogenetischer Substanzen.

Es schien mir wahrscheinlich, dass an Bindegewebsmassen, welche man jenem zersetzenden Einflusse unterwerfen würde, zunächst der Zusammenhang der resistenteren leimgebenden Elemente aufgelockert werden dürfte.

Meine Voraussetzung bestätigte sich für das Bindegewebe, und diesem ganz ähnlich verhält sich auch die *Subst. propr. corn.*

Frische Hornhäute des Ochsen wurden in etwa 2 Linien breite Streifen zerschnitten und in einem Becherglase mit einer Lösung von übermangansaurem Kali, die zur Hälfte aus concentrirter Solution, zur Hälfte aus destillirtem Wasser bestand, übergossen.

Die jedesmal benützte Quantität jener Lösung wurde nach Gutdünken bemessen, aber nie mehr als etwa 2 Unzen zu einmaliger Übergiessung verwendet.

[1]) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. C, p. 247.

Man ist dadurch in den Stand gesetzt, den Oxydationsprocess rechtzeitig zu unterbrechen, und verhindert, dass die über den Hornhautstücken stehende Flüssigkeit zu stark alkalisch werde.

Die zuerst aufgegossene Flüssigkeit entfärbt sich sehr rasch und die Hornhautstücke werden auch alsbald in ihren oberflächlichsten Lagen dunkel gefärbt.

Hat sich die Flüssigkeit völlig entfärbt, so giesst man sie ab, wäscht die Hornhautstücke, um einen Theil des gebildeten Alkali zu entfernen, mit destillirtem Wasser, und übergiesst sie hierauf wieder mit einer Quantität übermangansauren Kali; wird auch dieses nach einiger Zeit entfärbt, so verfährt man wie früher und wiederholt die ganze Procedur so lange, bis eine neu aufgegossene Quantität des zersetzbaren Salzes auch nach mehrstündigem Stehen nicht mehr weiter entfärbt wird und die verwendeten Sehnenstücke durch und durch braun gefärbt sind.

Dieser letzterwähnte Zeitpunkt tritt in verschiedenen Versuchen bald früher bald später ein.

Man wäscht schliesslich die Hornhautstücke wieder mit destillirtem Wasser aus, und kann nun, indem man quadratische Stückchen aus denselben schneidet, diese letzteren in einem Reagenzgläschen durch Hin- und Herschütteln also aus einander waschen, dass sie ein lockeres, filziges Ansehen annehmen. Nach und nach erscheint die ganze Oberfläche von theils kürzeren, theils längeren, in der umgebenden Flüssigkeit flottirenden Fasern besetzt, die nach fortgesetztem Schütteln meist einzeln von derselben abfallen.

Unter das einfache Mikroskop gebracht, nimmt sich das aufgelockerte Hornhautstückchen aus wie ein Haufen innig verflochtener Bänder, welche sich theils mit der breiten, theils mit der schmalen Seite dem Blicke präsentiren und an deren einem oder anderem man eine der Fläche des Bandes parallel laufende schwache Längsstreifung wahrnimmt.

Wenn man etwa 2 Zoll lange Sehnenstücke der Länge nach in zwei Hälften theilt, nur um die an denselben vorhandene circuläre Schichte zu durchtrennen und auch die inneren Sehnenbündel der chemischen Einwirkung zugänglicher zu machen, und nun jene Sehnentheile mit übermangansaurem Kali in der obigen Weise behandelt, so erhält man schliesslich beim Auseinanderwaschen derselben theils grössere, theils kleinere Partien, welche sich auf den ersten Blick

als Längsabtheilungen der benützten Sehnenstücke zu erkennen geben.

Unter dem Mikroskope nehmen sie sich als mehr oder minder breite, braun gefärbte, mit blassen Contouren und einer schwachen Längsstreifung versehene Massen aus, in welchen man, so wie in etwas wenig aufgequollenem Bindegewebe überhaupt die heterogenen Elemente jenes Gewebes in regelmässiger Vertheilung antrifft.

Ganz ähnliche Charaktere bieten auch die durch Zerfällung der Hornhaut erhaltenen Bänder bei der Besichtigung mit dem Compositum.

In den Zustand mässiger Schwellung wurden aber die bezüglichen Gewebsantheile nur versetzt, weil sie sich einige Zeit lang in der durch die Zersetzung des übermangansauren Kali entstandenen alkalischen Flüssigkeit befanden.

Legt man die mit übermangansaurem Kali behandelten Sehnenstücke in eine sehr schwache Tanninlösung, die man, wenn sie unwirksam geworden ist, durch eine neue, eben so schwache nach und nach ersetzen kann, so verändert sich alsbald ihr Aussehen.

Wenn nämlich die leimgebenden Elemente Zeit haben, wieder zu verschrumpfen, d. h. eher von dem ihnen anhaftenden Alkali befreit werden, als sie sich mit Gerbstoff sättigen, so sieht man alsbald, dass die durch das Auseinanderwaschen einer Sehne erhaltenen Abtheilungen aus einer grösseren oder geringeren Menge deutlich isolirbarer Fasern zusammengesetzt sind.

Die bandförmigen Hornhautabtheilungen, welche man nach der Behandlung mit übermangansaurem Kali gewinnt, verhalten sich dem Bindegewebe ganz ähnlich.

Die Längsstreifung auf der breiten Seite jener Bänder wird deutlicher. Die Streifen liegen im Allgemeinen in bestimmten Abständen neben einander, machen aber unregelmässige, rasch auf einander folgende Ausbeugungen, welche sich in den neben einander liegenden Streifen nicht immer genau entsprechen. Die Längsstreifung lässt sich bei veränderter Einstellung des Mikroskopes durch die ganze Dicke eines jener bandartigen Gebilde verfolgen.

Den Streifen entsprechend stellen sich an manchen jener Gebilde Theilungen ein, aus welchen entweder die Isolirung eines zwischen zwei der genannten Längsstreifen liegenden Theiles, oder eines aus mehreren solchen Theilen bestehenden Abschnittes resul-

tirt. Die durch einen solchen Zerfall gewonnenen einfachsten Formen stellen platte Fasern dar. Diese lagern sich, indem sie mit ihrer breiten Seite an einander grenzen, in solcher Anzahl zusammen, dass daraus jene oben beschriebenen bandartigen Bündel zusammengesetzt werden.

Im Vergleiche mit der Wirkung des Kalk- und Barytwassers hat die oben beschriebene Methode nur einen Nachtheil. Es existirt nämlich ein Stadium, in welchem die Formelemente der untersuchten Texturen etwas anquellen und sich alsdann nicht deutlich unter dem Mikroskope wahrnehmen lassen.

Dieses Stadium kann man aber umgehen, wenn man die durch Zersetzung des übermangansauren Salzes eintretende Alkalescenz der angewendeten Flüssigkeit verhindert.

Durch zeitweiliges Hinzutropfen einer Säure gelingt dies jedoch nicht, man ist dadurch nicht im Stande, die Flüssigkeit immer genau neutral zu erhalten, und gegen verdünnte Säuren sind die Elemente des Bindegewebes und der *Subst. propr. corn.* eben so empfindlich wie gegen verdünnte Alkalien.

Um zu dem gewünschten Resultate zu gelangen, verwendete ich eine Mischung von übermangansaurem Kali mit Alaun, welcher letztere trotz seiner Eigenschaft blaues Lakmuspapier zu röthen, bekanntlich die histologische Constitution des Bindegewebes conservirt. Die Lösungen der zwei genannten Substanzen sind ohne Zersetzung mit einander mischbar [1]), nur wenn das übermangansaure Kali freies Alkali enthält, entsteht gleich beim Zusammenmischen der Lösungen ein Niederschlag, welcher abfiltrirt und gewaschen sich weiss ausnimmt und als Thonerdehydrat erweist.

Bei weiterem Alaunzusatze entsteht nun kein neuer Niederschlag mehr. Man setze, um die für die Behandlung des Bindegewebes oder der *Substantia propria corneae* zu benützende Flüssigkeit zu erhalten, der Lösung von übermangansaurem Kali jedesmal so viel einer concentrirten Alaunlösung zu, als eben hinreicht, um ein in die Mischung getauchtes blaues Lakmuspapier deutlich roth zu färben. Wie früher in der Lösung des übermangansauren Salzes, lege man nun in diese Mischung Sehnenstücke oder Hornhautstücke

---

[1]) Frommherz: Über die Mangansäure; Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. XLI. Halle 1824, p. 280.

ein und behandle dieselben so lange damit, bis sie sich durch und durch braun gefärbt haben.

Die Zersetzung des übermangansauren Salzes erfolgt in dieser Mischung etwas langsamer, und während die Flüssigkeit sich entfärbt, scheidet sich ein Gemenge von Manganhyperoxyd und Thonerdehydrat aus; sie wird aber, wenn man Alaun in hinreichender Menge zugesetzt hat, niemals alkalisch.

Die mit dieser Flüssigkeit behandelten Texturen bewahren ihr mikroskopisches Ansehen vollkommen; es wird aber der Zusammenhang der Texturelemente aufgelockert, so dass sich dieselben in ausgedehntem Maasse isoliren lassen. Der an denselben haftende fein vertheilte Braunstein stört eben seiner feinen Vertheilung halber die mikroskopische Durchforschung der betreffenden Objecte nicht im Geringsten und bringt vielmehr für die Untersuchung der zarten, und im frischen Zustande nur bei schwachem Lichtzutritte deutlich sichtbaren Hornhautfasern denselben Nutzen, wie z. B. eine Färbung derselben mit Jodtinctur.

Die mit übermangansaurem Kali behandelten Sehnen oder Hornhautstücke geben, mit Salpetersäure und Ammoniak behandelt, keine Xanthoproteinsäure-Reaction.

Donders [1]) gibt an, dass gut ausgewaschenes und ausgezogenes Bindegewebe mit Salpetersäure gekocht und darauf mit Ammoniak behandelt, sich entweder gar nicht gelb färbt oder doch wenigstens nur einen Stich ins Gelbliche zeigt.

Paulsen [2]) behauptet dagegen, dass alles Bindegewebe nach der Behandlung mit Salpetersäure und Ammoniak sich deutlich gelb färbt.

Für die Beurtheilung dieses scheinbaren Widerspruches kann Folgendes dienen: Wenn man ein Stück einer frischen Sehne oder der ihres Epithels und der Descemet'schen Membran beraubten Hornhaut in einer Eprouvette mit Salpetersäure verkocht und nach dem Erkalten zur Flüssigkeit Ammoniak hinzugiesst, bekommt man eine deutlich gelbe Färbung derselben.

Wendet man dagegen dieselben Portionen von ausgewässerten Sehnen- oder Hornhäuten an, so ist die nach der Einwirkung von

---

[1]) Holländische Beiträge von v. Deen, Donders und Moleschott. Düsseldorf und Utrecht 1848, Bd. I, p. 67.

[2]) *Observat. microchemicae.* Mitav. 1849.

Salpetersäure und Ammoniak hervortretende Färbung um Vieles weniger intensiv.

Nimmt man endlich Sehnen- oder Hornhautstücke, welche mit übermangansaurem Kali bis zur durchgehenden Bräunung behandelt wurden, so erhält man keine Spur der Xanthoproteinsäure-Reaction.

Die in die Eprouvette gebrachten braunen Stücke zerstieben während des Kochens mit Salpetersäure anfangs zu einer, die Flüssigkeit braun färbenden Wolke, die aber, kaum entstanden, wieder vergeht; nun erscheint die Flüssigkeit vollkommen farblos und auch ein Zusatz von Ammoniak bringt keine Farbenveränderung an derselben hervor.

Durch den Zusatz jenes Alkali entsteht zugleich in der Flüssigkeit ein Niederschlag von Manganoxydul, welches sich während des Kochens mit Salpetersäure gebildet hat.

Die Anwesenheit der Oxydationsstufen des Mangans hindert das Hervortreten der gelben Farbe nicht, denn wenn man zu einer Portion gebräunter Hornhaut- oder Sehnenstücke auch nur ein kleines Flöckchen einer frischen Sehne oder Hornhaut zusetzt, nun mit Salpetersäure kocht, und nach dem Erkalten Ammoniak zusetzt, tritt eine deutlich wahrnehmbare gelbe Färbung in der Flüssigkeit hervor.

Indem ich auf die oben beschriebenen Texturelemente der Hornhaut zurückkomme, muss ich Einiges über deren Anordnung in den verschiedenen Schichten der *Substantia propria corneae* mittheilen.

Die platten Bündel der *Subst. propr. corn.* verlaufen in dem mittleren und hinteren Theile der Hornhaut, unter verschiedenen Winkeln sich kreuzend, der Oberfläche der Hornhaut parallel und es lässt sich dieser Theil der *Subst. propr. corn.* am besten mit einem „geschichteten Mattenwerk", wie Brücke sagt, vergleichen.

Unmittelbar unter dem Epithelium aber, in jener Schichte, welche Bowman *Lamina elastica anterior* genannt hat, verlaufen jene Faserbündel in geneigter Lage zur Oberfläche empor und kehren ebenso von derselben wieder zurück, während dieses Verlaufes biegen sie sich vielmal um einander, und bringen durch ihre innige Verflechtung die dichte Lage der *Subst. propr. corn.* unter dem Hornhautepithelium zu Stande. Man kann sich an den nach den obigen Methoden behandelten Hornhäuten zugleich auf das entschiedenste überzeugen, dass die sogenannte *Lamina elastica anterior*

durchaus kein Analogon der Descemet'schen Membran darstellt; die letztere behält in allen Fällen ihr vollkommen structurloses Ansehen, ihre elastische Einrollbarkeit, ihren splittrigen Bruch bei, und lässt sich ferner von der unter ihr liegenden Schichte der *Subst. propr. corn.* vollkommen isoliren; Eigenschaften, welche sammt und sonders der dichten Lage der *Subst. propr. corn.* unterhalb des äusseren Epithelium abgehen. Alles was ich bisher über die Hornhaut des Ochsen angegeben habe, gilt in gleicher Weise für die Hornhaut des Menschen. Es zeigte ferner die *Subst. propr. corn.* beim Hund, beim Schaf, beim Kaninchen und Meerschweinchen dasselbe Gefüge wie beim Rind. Ebenso fand ich es bei *rana esculanta*, bei *bufo cinereus*, bei *lacerta viridis* und *natrix torquata*, ferner beim Karpfen, bei der Forelle, beim Hechte. Die Hornhaut der Vögel verhält sich aber wesentlich anders, indem die *Subst. propr. corn.* derselben aus innig durchflochtenen Fasern besteht, welche sich mit grosser Leichtigkeit von einander isoliren lassen. Dieselben sind schmal, glatt, unverzweigt und nur in geringem Grade platt gedrückt; sie unterscheiden sich durch diese ihre Form ebenso wie durch die Art ihrer Zusammenlagerung von den Hornhautelementen der übrigen Thiere. Bei der Gans schwankt der Durchmesser der Hornhautfasern zwischen 0·0037 und 0·0050 Mm.

Untersucht wurden noch die Hornhaut von der Ente, vom Raben, vom Huhn, vom Sperling und von der Taube.

Die vergleichend-histologisch interessante Ausnahmsstellung der Vögel veranlasste mich, die Hornhaut dieser Thiere besonders genau am Scheitel, und nahe dem Cornealrande, und jedesmal in ihrer ganzen Dicke vergleichsweise zu untersuchen, um mich gegen eine etwaige Verwechslung des Hornhautgewebes mit Bindegewebe zu versichern, denn es war durch die Untersuchungen Brücke's[1]) über das Vogelauge bekannt geworden, dass vom Cornealrande her eine lockere, bindegewebartige Faserschichte eine Strecke weit zwischen die in den vorderen Rand des Knochenringes übergehende äussere Hornhautlage und die mit dem Crampton'schen Muskel in Verbindung stehende innere Hornhautlage eindringt.

Allein ich fand in allen Theilen der Hornhaut die oben beschriebenen wohl charakterisirten Fasern, aber nirgends Gebilde, welche

[1]) Müller's Archiv 1846, p. 371.

den platten Faserbündeln der übrigen Thiere vergleichbar gewesen wären.

In der vorliegenden Abhandlung habe ich mich nur mit der Fasersubstanz der Hornhaut beschäftigt; dem was über die Toynbee-Virchow'schen Hornhautkörperchen schon geschrieben wurde, habe ich nichts Positives hinzuzufügen.

Nur muss ich angeben, dass in demselben Maasse, als man in irgend einem Objecte die Fasern der *Subst. propr. corn.* deutlicher sieht, die deutliche Wahrnehmbarkeit der Hornhautkörperchen abnimmt. An der Oberfläche der mit übermangansaurem Kali und Alaun isolirten Hornhautbündel sieht man nur Gebilde aufsitzen, welche sich mit getrennt liegenden Kernen vergleichen lassen. Man mag übrigens über die Toynbee-Virchow'schen Hornhautkörper und die Fasersubstanz der Hornhaut, so wie über ihr Verhältniss zu einander, was immer für eine Vorstellung haben, sicher und gewiss bleibt es, und in gleichem Maasse auch für das Bindegewebe geltend, dass man die einmal vorhandene Constitution der chondringebenden und beziehungsweise leimgebenden Substanz, ihre Zusammensetzung aus bestimmt geformten und in ein und derselben Textur an Form und Ausdehnung unter einander ähnlichen Elementen als charakteristisches Merkmal in die Beschreibung jener Texturen eben so gut aufnehmen muss, als die Angabe, dass ausser diesen Elementen auch noch andere, von ihnen verschiedene, regelmässig vertheilt in dem bezüglichen Gewebe vorkommen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Aus einander gewaschenes Hornhautstückchen aus einer mit Mn_2O_7KO behandelten Hornhaut des Ochsen, 20mal vergrössert.

Fig. 2. Hornhautbündel vom Ochsen, mit Mn_2O_7KO und dann mit Gerbsäure behandelt.

Fig. 3. Zwei Hornhautbündel in gekreuzter Richtung über einander liegend, aus einer mit Mn_2O_7KO und Alaun behandelten Hornhaut des Ochsen.

Fig. 4. Fasern aus der Hornhaut des Raben. Die drei letzten Figuren 300mal vergrössert gezeichnet.

Fig. 3.

Fig. 4.

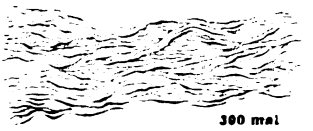


Fig. 2.

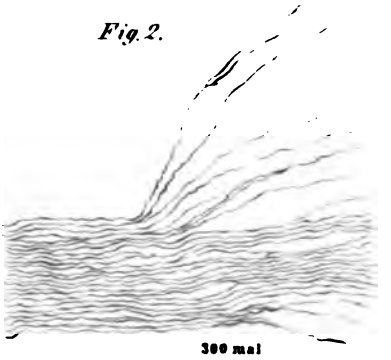
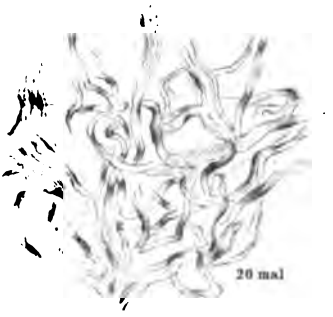


Fig. 1.



Aus d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. XXXIII. Bd. N° 28. 1858.

Das Wirbelkörpergelenk der Vögel.

Von **Dr. Gustav Jäger.**

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgetragen in der Sitzung vom 12. November 1858.)

Bei der vorliegenden Abhandlung habe ich mir nicht die Aufgabe gestellt, eine vollständige Beschreibung der anatomischen und functionellen Verhältnisse des Wirbelkörpergelenkes zu liefern. Ich will hier blos einige anatomische Thatsachen mittheilen, welche einmal eine Zurückführung der Gelenkbestandtheile der Vogelwirbelkörper auf die der Säugethiere möglich machen, und für's zweite die bisher noch ungenügend gelöste Frage über die Entwicklung der Wirbelkörpergelenke einer endlichen Entscheidung näher bringen.

Meine Aufmerksamkeit wurde bereits im Jahre 1854 auf diesen Gegenstand gelenkt, als ich bei einer Eule den Meniscus fand, der die Articulation der Wirbelkörper unter einander vermittelt. Der Meniscus war mir damals neu, weil ich ihn in keinem der mir bekannten Handbücher erwähnt fand. Ich fügte desshalb meinen anatomischen Notizen eine ausführliche Beschreibung nebst Zeichnungen bei.

Erst längere Zeit nachher bekam ich Meckel's System der vergleichenden Anatomie zur Hand und fand dort Band II, 2 pag. 42 die Menisci mit folgenden Worten erwähnt:

„Die Körperflächen der Halswirbel werden durch lockere „Kapselbänder, in welchen sich ein beweglicher dünner Zwischen„knorpel befindet, der blos mit dem Umfang des Kapselbandes ver„wachsen ist, vereinigt."

Dies stimmte mit meiner Beobachtung nicht überein, da ich noch eine weitere Befestigung des Meniscus sah, indem nämlich ein Band auf der überknorpelten Gelenkfläche des Wirbelkörpers entsprang und mit dem Meniscus in Verbindung stand. Dieses Bänd-

chen hatte mich sogleich interessirt, weil es gegen die mir damals geläufige Ansicht zu sprechen schien, dass die *Ligamenta intervertebralia* Überreste der embryonalen *Chorda dorsalis* seien. Dies bestimmte mich zunächst bei der Präparation meiner Skelete auf dieses Bändchen zu achten, und ich fand es in den unten beschriebenen Modificationen regelmässig.

Da erschien im Jahre 1856 eine Schrift von Barkow über die „Syndesmologie der Vögel". Ich glaubte darin eine nähere Beschreibung dieses Bandes zu finden, aber ich sah, dass Barkow trotz seiner zahlreichen Untersuchungen das Band an der Halswirbelsäule, wo ich es fast immer als isolirtes Gebilde fand, gänzlich übersehen und blos dessen eigenthümliche Modification an der Brustwirbelsäule mehrerer Vögel unter dem Namen eines „centralen Knorpelkernes" beschrieben hat.

Ich beschloss nun die Entwicklungsgeschichte dieses Bandes, die jedenfalls interessante Aufschlüsse über das Schicksal der *Chorda dorsalis* zu geben versprach, zu verfolgen und Herr Prof. Brücke war so gütig, mir einige in Weingeist aufbewahrte Hühnerembryonen zu überlassen, an denen ich das Wichtigste über die Entwicklung dieses Bandes eruiren konnte.

Obwohl nun in der Schrift von Barkow, mit Ausnahme einiger Unrichtigkeiten, auf die ich weiter unten zu sprechen kommen werde, die Verhältnisse des Meniscus bei einer grossen Anzahl von Vögeln ziemlich ausführlich erörtert sind, so erfordert doch schon das Verständniss des erwähnten Bandes eine kurze Darstellung des Verhaltens der Knorpelscheibe, da es zu dieser in der engsten Beziehung steht, und ausserdem hat Barkow nicht den geringsten Versuch gemacht, die so leichte Zurückführung des Meniscus auf den entsprechenden Gelenkbestandtheil der Säugthierwirbelsäule vorzunehmen.

Bei den folgenden Beschreibungen ist die Wirbelsäule in senkrechter Stellung gedacht, mit der Bauchseite gegen den Beobachter sehend, oben ist also, was dem Kopfende, unten, was dem Schwanzende, vorn, was der Bauchseite, und hinten, was der Rückenseite zugewandt ist.

I. Meniscus intervertebralis.

Die einander zugekehrten Enden der Wirbelkörper, sind durch eine ringförmige Faserkapsel mit einander verbunden, die continuir-

lich in das Periost der Wirbelkörper übergeht. Man kann an ihr, je nachdem einer ihrer vielfach sich kreuzenden Faserzüge ein bedeutendes Uebergewicht erlangt, verschiedene *ligamenta obliqua* unterscheiden, deren nähere Beschreibung jedoch für vorliegende Zwecke überflüssig ist. Die Faserkapsel als Ganzes betrachtet, stellt eine cylindrische Röhre dar, in deren beide Enden die Wirbelkörper so hinein gesteckt sind, dass in der Mitte ein bald längeres, bald kürzeres Stück der Röhre frei bleibt.

In diesen freien Abschnitt, der an seiner Innenfläche von der Synovialmembran überzogen wird, ist der Meniscus in ähnlicher Weise eingefügt, wie der Blendungsring in eine Mikroskopröhre. Er hat nämlich eine Ringform mit dickerer Peripherie und verdünnt sich gegen die centrale Oeffnung, so dass er dort mit scharfem Rande endigt. Der Ring zeigt somit im senkrechten Durchschnitt eine keilförmige Contour mit der Basis nach aussen, etwa wie die *cartilago falciformis* im Kniegelenk des Menschen.

Die centrale Oeffnung des Meniscus bietet in ihrer Form die mannigfaltigsten Verschiedenheiten je nach der Species, und je nach dem Abschnitt der Wirbelsäule, dem das betreffende Gelenk angehört. Im Allgemeinen ist sie spaltförmig, lancettförmig oder abgestumpft dreieckig an der Halswirbelsäule (der grösste Durchmesser derselben liegt stets in der Richtung von der Rückenseite zur Bauchseite) und nähert sich an der Rumpfwirbelsäule mehr oder weniger der Kreisform.

An seiner äussern Peripherie ist der Meniscus fest mit der Innenfläche des freien Abschnitts der Gelenkkapsel verwachsen und die Gelenkhöhle wird somit durch denselben in zwei über einander liegende Abtheilungen geschieden, die nur durch die centrale Öffnung des Meniscus mit einander communiciren. Ausser dieser Befestigung der äussern Peripherie des Meniscus an der Gelenkkapsel ist auch noch die innere die centrale Öffnung umsäumende Peripherie befestigt und zwar an das bereits erwähnte Band; da ich jedoch weiter unten bei der Beschreibung des Bandes auf diese Befestigung ausführlich zurückkommen muss, so verweise ich in Betreff derselben auf später. Dass Meckel und Barkow dieser Verbindung nicht erwähnen, hat seinen einfachen Grund darin, dass sie das Band übersahen.

Die mikroskopische Untersuchung des Meniscus ergibt, dass er aus concentrischen Ringen von Faserknorpel besteht. Die con-

centrische Zusammensetzung spricht sich in der Anordnung der Knorpelzellen aus; diese bilden nämlich Kreise, die der centralen Oeffnung parallel laufen.

Von dem oben beschriebenen Verhalten des Meniscus, das für den obern und mittlern Theil der Halswirbelsäule als durchschnittliche Regel aufgestellt werden kann, gibt es nun zahlreiche Abweichungen, die sich unter zwei Gesichtspunkte zusammenfassen lassen.

Die erste Weise der Veränderungen besteht in einem allmähligen Schwinden des Ringes von der centralen Oeffnung aus. Der Knorpelring wird immer schmäler und zuletzt stellt er blos noch eine ringförmige Leiste an der innern freien Fläche der Faserkapsel dar. Dies Verhalten zeigt der Meniscus z. B. an der Rückenwirbelsäule von *Anas boschas*. Barkow's Angabe, dass der Meniscus an diesem Wirbelsäuleabschnitt bei *Anas boschas* fehle, ist demgemäss zu berichtigen. Er ist bis auf ein Rudiment verkümmert, aber bei genauerem Zusehen erkennt man ihn sogleich in dem circulären, genau der Gelenklinie entsprechenden Vorsprung an der Innenseite der Kapsel, der namentlich am seitlichen Umfang derselben deutlich ist.

Die zweite Reihe von Veränderungen besteht darin, dass der Meniscus mit den betreffenden Wirbelkörperflächen verwächst. Dieses Verwachsen kommt in allen Graden der Ausdehnung vor, beginnt aber constant an dem vordern Umfang des Gelenkes. Warum gerade diese Stelle den Ausgangspunkt der Verwachsung bildet, wird weiter unten klar werden. In allen von mir beobachteten Fällen ist der Meniscus nie einseitig blos mit der einen Wirbelkörperfläche, sondern immer in ganz der gleichen Ausdehnung mit beiden verwachsen. An der Halswirbelsäule habe ich diese Art der Veränderung nie gefunden, dagegen in der Brustwirbelsäule und der Schwanzwirbelsäule. In der Brustwirbelsäule erstreckt sich dieses Verwachsen nicht auf den ganzen Umfang des Meniscus, es bleibt somit der hintere Umfang desselben noch frei beweglich. So erstreckt sie sich z. B. beim Geieradler *(Gypaëtus barbatus)* in den Gelenken zwischen den drei letzten freien Rückenwirbeln auf $^3/_8$ der Peripherie, zwischen dem letzten freien Rückenwirbel und ersten rippentragenden Sacralwirbel blos auf $^1/_5$ derselben. Durchschneidet oder zerreisst man diese Verbindung, so zeigt die Stelle ganz genau

dasselbe concentrisch lamellose Ansehen wie der Durchschnitt des *Annulus fibrosus* an der Säugthierwirbelsäule.

Geht man nun über zu der Schwanzwirbelsäule, so findet man eine totale Verwachsung des Meniscus, und wenn nicht die eben erwähnten Uebergangsstufen in der Brustwirbelsäule ein Verkennen des wahren Sachverhaltes unmöglich machen würden, so wäre es schwer, in den Gelenkbestandtheilen der Schwanzwirbelkörper den Meniscus der übrigen Gelenke wieder zu erkennen, und zwar in dem hier vollständig säugthierähnlichen *Annulus fibrosus*. Da Barkow diesen *Annulus fibrosus* bei einer Anzahl von Vögeln vollkommen richtig beschreibt, so bleibt mir blos noch übrig zu zeigen, dass dieser *Annulus fibrosus* der Schwanzwirbelsäule das Analogon des Meniscus der Hals- und Brustwirbelsäule ist. Die Gründe sind folgende:

1. Beide bestehen aus concentrischen Ringen von Faserknorpel.

2. Beide haben im Centrum constant eine Oeffnung, in welcher sich bei dem Meniscus das unten zu beschreibende *Ligamentum suspensorium*, bei dem *Annulus fibrosus* der *Nucleus pulposus* befindet.

3. In der Brustwirbelsäule vieler Vögel finden sich Uebergangsstufen in der Art, dass ein und dasselbe Gebilde, das am hintern Umfang Meniscus ist, vorn ein Segment eines *Annulus fibrosus* darstellt.

Da nun die vollkommene Uebereinstimmung der Schwanzwirbelkörpergelenke vieler Vögel mit den Wirbelkörpergelenken der Säugethiere in die Augen springend ist, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir in dem Meniscus der Vogelwirbelsäule nicht ein neues, den Vögeln allein zukommendes Wirbelsäuleelement haben, sondern dass er nichts anders ist als das Analogon des *Annulus fibrosus* der Säugethiere.

Daraus ergibt sich also folgender wenigstens für die zwei höheren Wirbelthierclassen allgemein giltiger Satz:

Zwischen allen beweglich verbundenen Wirbelkörpern findet sich als intercaläres Stück ein scheibenförmiger Faserknorpel mit centraler Öffnung, der bald frei beweglich bald ganz oder theilweise mit den einander zugewandten Wirbelkörperflächen verwachsen ist. Die erstere Modifikation wird als Meniscus, die letztere

als Annulus fibrosus bezeichnet. Als generellen Namen schlage ich den Namen Fibrocartilago intercalaris corporum vertebralium vor.

In wie weit dieser morphologische Satz auch für die übrigen Wirbelthierclassen gilt, lasse ich vorderhand dahingestellt und begnüge mich mit der Herstellung der morphologischen Harmonie zwischen Vögeln und Säugethieren.

Das ausnahmslose Vorkommen dieses intercalären Elementes im Verlaufe der Wirbelkörperkette stellt natürlich sogleich die Frage in den Vordergrund: Wo befindet sich das erste derartige Wirbelsäuleelement? Liegt es zwischen Atlas und Hinterhaupt oder zwischen Atlas und Epistropheus? oder ist das *Ligamentum suspensorium* des *processus odontoideus* als erstes intercaläres Element aufzufassen? Nach Meckel's Darstellung findet sich in den Gelenken vom Hinterhauptscondylus angefangen bis zum Epistropheus nichts Analoges. Er sagt in seinem System der vergleichenden Anatomie II, 2 pag. 42:

„Der zweite Halswirbel verbindet sich mit dem ersten auf die „gewöhnliche Weise. Doch fehlt die Knorpelscheibe im Zwi„schenkörperbande. — Der erste Halswirbel vereinigt sich unten „durch eine lockere zwischenknorpellose an den Gelenkfort„satz geheftete Kapsel, oben durch einen gleichfalls lockeren Band„streifen mit dem Hinterhauptsbeine".

Allein bereits Rathke hat das Richtige erkannt und constatirt, dass ein Meniscus zwischen *Dens epistrophei* und *condylus* des Hinterhaupts liegt, und zwar nicht blos bei den Vögeln, sondern auch bei den Schildkröten und höheren Reptilien. Er beschreibt das Verhalten desselben näher in seiner „Entwicklungsgeschichte der Schildkröte" pag. 77. Auch Barkow beschreibt l. c. p. 35 diesen Meniscus vollkommen richtig. Allein mit den Angaben dieser beiden Forscher ist die Sache noch nicht erledigt. Einmal haben sie das übereinstimmende Gebilde der Säugthierwirbelsäule nicht angeführt und für's zweite nicht die Schlüsse gezogen, die sich mit Nothwendigkeit für die Morphologie der zwei ersten Halswirbel daraus ergeben. Dies ist bei Rathke um so auffallender, als eben in der Anordnung dieses Meniscus der schönste Beweis für die von ihm in derselben Schrift so eifrig vertheidigte Ansicht von der Natur des vordern unpaaren Atlasstückes liegt.

Zum Verständnisse der folgenden Auseinandersetzung ist es nöthig, einen Rückblick auf die Geschichte des *Processus odontoideus epistrophei* zu werfen.

Cuvier *(Ossem. foss., tome IX)* war der erste, der gestützt auf seine Beobachtungen an *Chelys fimbriata* den Satz aussprach, dass der *Processus odontoideus* des zweiten Halswirbels als der Körper des Atlas zu betrachten sei. Bei dieser Schildkröte ist nämlich der *Processus odontoideus* ein eigener Knochen, der mit dem Atlas in festerer Verbindung steht als mit dem Epistropheus.

Im Jahre 1820 veröffentlichte Béclard in Meckel's Archiv für Physiologie VI, eine Abhandlung über die Bildung und das Wachsthum der Knochen des Menschen. Er sagt darin:

Pag. 408: „Im sechsten Monat erscheinen im Körper des zweiten „Halswirbels zwei über einander liegende Kerne, von denen im 7. Monat „der obere dem eigentlichen Zahnfortsatz entsprechende grösser als „der eigentliche Körperkern ist."

Pag. 414: „Von den zwei über einander liegenden Körperkernen „des zweiten Halswirbels entsteht der obere bisweilen aus zwei „Kernen. Er wird in der Folge grösser als der andere und bildet „in der That zugleich den Zahn und den obern Theil des Körpers. „Im zweiten bis dritten Jahr verwachsen beide Kerne."

Joh. Müller trat der Cuvier'schen Ansicht in seiner ersten Abhandlung über „die vergleichende Anatomie der Myxinoiden" 1834 entgegen. Er sagt daselbst pag. 168:

„Die bekannte Verbindung des Atlas und Epistropheus vermittelst „des *Processus odontoideus* kömmt nur in den beschuppten Amphibien, „in den Vögeln und Säugethieren vor. Mit Unrecht spricht man dem „Atlas einen vordern Körper ab; an jedem jungen Säugethier, Vogel, „Krokodil, an jeder jungen Schildkröte kann man das Körperstück „des Atlas sehen. Nur beim jungen Murmelthier fand ich ausnahms„weise den Körper des Atlas fehlend und eine vordere Vereinigung „der Bogenstücke. Der *Processus odontoideus* kann daher nicht der „Körper des Atlas sein, der sich mit dem Körper des Epistropheus „verbunden hätte. Dieser Fortsatz ist auch kein blosser Theil des „Körpers des Epistropheus, denn ich sehe ihn als besonderes Stück „beim Fötus aller Säugethiere und der Vögel, bei den Krokodilen „und Schildkröten sogar bleiben. Dies Stück verwächst mit dem „Körper des Epistropheus bei den erstern. Es ist nicht blos aus einer

„Epiphyse zu erklären. Jeder Wirbelkörper hat zwar bei den Säuge-
„thieren an seiner obern und untern Fläche zu einer gewissen Zeit
„eine besondere ossificirende Platte, die sich zum Wirbelkörper so
„verhält wie eine Epiphyse des Röhrenknochens. Man könnte nun
„den *Processus odontoideus* als Vergrösserung einer solchen Platte
„betrachten, jedoch sehe ich beim Pferdefüllen eine Ossification
„zwischen dem Zahn und dem Körper des Epistropheus."

Aus diesem Abschnitt, namentlich aus der letzteren Äusserung geht hervor, dass Müller noch nicht im Klaren über die Bedeutung des *Processus odontoideus* war.

Im Jahre 1839 erschien Rathke's Schrift über „die Entwicklungsgeschichte der Natter". Er spricht sich dort, ohne Kenntniss von den Äusserungen seiner Vorgänger zu haben, auf Grund der Entwicklungsgeschichte dahin aus, dass der *Processus odontoideus* der Körper des Atlas sei, weil er ganz so, wie ein Wirbelkörper, als ein die *Chorda dorsalis* umfassender Ring entstehe. Das unpaare an der Bauchseite des Atlas liegende Knochenstück, das J. Müller als Körper des Atlas anführt und das bereits Albin in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts beim Menschen beschrieben und abgebildet hat, erklärt er für einen modificirten untern Dornfortsatz.

In demselben Jahre bekannte sich Peters in Müller's Archiv 1839 auf Grund seiner Untersuchungen an Seeschildkröten zu derselben Ansicht.

Owen lässt es in seinem Report of british fossils 1840 noch dahin gestellt, ob der *Processus odontoideus* Epiphyse, unteres Wirbel-Element oder Körper des Atlas sei. Joh. Müller bemerkt dazu in seinem Jahresbericht (Archiv 1841), dass er diese Frage bereits in seiner vergleichenden Osteologie der Myxinoiden beantwortet habe.

Das entscheidendste Wort in dieser Controverse sprach Bergmann in seinen „Reflexionen über das Skeletsystem der Wirbelthiere" (Göttinger Studien 1845). In dieser Abhandlung wird durch eine Reihe von Thatsachen an jungen Vögeln und Säugethieren zur Evidenz nachgewiesen, dass der *Processus odontoideus* in der That nichts anderes ist als der erste Wirbelkörper, und dass der Atlas keinen Wirbelkörper besitzt. Nach Bergmann's Untersuchungen konnte darüber wohl keine Meinungsdifferenz mehr beste-

hen, wohl aber darüber, als was man das früher für den Atlaskörper gehaltene Knochenstück anzusehen habe.

Auf diese Frage kommt Rathke in seiner „Entwicklungsgeschichte der Schildkröte 1849“ wieder zurück und vertheidigt ausführlich seine bereits früher ausgesprochene Ansicht, dass das Mittelstück des Atlas ein modificirter Dornfortsatz sei. Aber wie ich schon oben gesagt habe, erwähnt er gerade den bindendsten Beweis für seine Ansicht, der in dem Verhalten des Meniscus liegt, nicht, und so viel mir bekannt, kommt keiner seiner Nachfolger auf diesen Punkt zurück.

Ehe ich nun diesen Beweis führe, ist eine kurze Darstellung der Verhältnisse des ersten Meniscus nothwendig.

Der mittlere Theil des Atlas zeigt an seinem hinteren dem Rückenmarkscanal zugewandten Umfang einen tiefen, halbkreisförmigen Ausschnitt; zwischen den beiden Endpunkten dieses Ausschnittes ist das *Ligamentum transversum atlantis* ausgespannt, so dass der Ausschnitt zu einer ringförmigen Öffnung vervollständigt ist. In diese Öffnung ist ein mit centraler Öffnung versehener Meniscus so eingefügt, dass er an seinem vordern und seitlichen Umfang mit der Knochensubstanz des Atlas, an seinem hintern Umfang mit dem *Ligamentum transversum* verwachsen ist. Dieser Meniscus articulirt, da er den Boden der Gelenkgrube für den Condylus des Hinterhauptes bildet, einerseits mit dem Hinterhauptsbein, andererseits mit dem *Processus odontoideus*, liegt also zwischen letztem Schädelwirbel- und erstem Halswirbelkörper. Diese Lage zwischen zwei Wirbelkörpern in Verbindung mit der Übereinstimmung in Form und histologischer Zusammensetzung beweist hinreichend, dass diese Knorpelscheibe der erste Meniscus ist, und umgekehrt liegt wieder darin ein Beweis für die richtige Deutung des *Processus odontoideus* als erster Halswirbelkörper.

Am Atlas der Säugethiere scheint auf den ersten Blick nichts Analoges vorzukommen. Allein bei genauerer Untersuchung findet man, dass der hintere Umfang des faserknorpligen Meniscus vorhanden ist. Denn bei dem Menschen wie bei den übrigen Säugethieren findet man, dass der mit dem Zahnfortsatz des Epistropheus articulirende Theil des *Ligamentum transversum atlantis* eine faserknorplige Beschaffenheit zeigt, ganz so wie ein *Annulus fibrosus;* und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass dieser mit dem fibrösen

Ligamentum transversum verschmolzene Faserknorpel der Rest der ersten *Fibrocartilago intercalaris corporum vertebralium* ist.

Nachdem ich nun so auch für das erste Wirbelkörpergelenk die Giltigkeit meines oben ausgesprochenen morphologischen Satzes bei Vögeln und Säugethieren nachgewiesen zu haben glaube, gehe ich über zur Deutung des Atlasschlussstückes.

Fasst man die oben beschriebene Knorpelscheibe, die in den von Atlas und *Ligamentum transversum* gebildeten Rahmen eingefügt ist, als ersten Meniscus auf, so muss man nach der Analogie der übrigen Menisci das *Ligamentum transversum* und die dem Meniscus zur Befestigung dienende knöcherne Partie des Atlas als die Mitte des freien Abschnittes einer zwischen zwei Wirbelkörpern ausgespannten Faserkapsel auffassen. Dass dem in der That so ist, lehrt folgende Betrachtung.

Das *Ligamentum transversum* ist, wie man sich leicht überzeugt, kein isolirtes Gebilde. Es setzt sich nach oben wie nach unten continuirlich fort je in eine Gelenkkapsel. Die obere ist die Gelenkkapsel zwischen Atlas und *Condylus occipitalis*, die Barkow *„Ligamentum capsulare atlantico-occipitale“* nennt. Die nach unten liegende ist die, welche zwischen der Basis des *Dens epistrophei* einerseits, Mittelstück des Atlas und *Ligamentum transversum* andrerseits ausgespannt ist. Barkow nennt sie *„Ligamentum capsulare atlantico-epistrophicum odontoideum“*. Durch diese letztere Faserkapsel wird die Gelenkhöhle zwischen *Dens epistrophei* einerseits und Atlas mit dem eingefügten Meniscus andererseits vollständig geschieden von der Gelenkhöhle, welche zwischen dem Mittelstück des Atlas und der vordern sattelförmigen Gelenkfläche des Epistropheus liegt. Sie ist sogar gerade da, wo sie die Scheidewand beider Gelenkhöhlen bildet, am stärksten. Siehe Fig. 6, *c*.

Dagegen stehen die zwei Gelenkhöhlen, welche von den zwei mit dem *Ligamentum transversum* in directer Verbindung stehenden Faserkapseln gebildet werden, nämlich die zwischen Atlas und Hinterhaupt und die zwischen Atlas und *Processus odontoideus*, in constanter Communication durch die centrale Öffnung des Meniscus. Sie verhalten sich also ganz so wie die zwei Abtheilungen einer Wirbelkörpergelenkhöhle, die durch das Dazwischengeschobensein eines Meniscus gebildet werden.

Es liegt in der That in ihrem Verhalten durchaus nichts, was gegen die Richtigkeit dieser Auffassung spricht, und ausserdem ist sie eine nothwendige Consequenz der obigen Deutung der Atlasknorpelscheibe als Meniscus und des *Dens epistrophei* als Wirbelkörper. Ein senkrechter Durchschnitt durch Hinterhaupts-Condylus, Atlas und Epistropheus, wie ihn Fig. 6 darstellt, macht überdies die Sache augenscheinlich.

Am vordern und seitlichen Umfang ist nun der Zusammenhang dieser ersten Faserkapsel gestört durch das Mittelstück des Atlas. Dieses muss also, da es der Mitte einer zwischen zwei Wirbelkörpern ausgespannten Faserkapsel aufsitzt, einem Wirbelkörper-Zwischenraume entsprechen. Da es nachgewiesenermaassen ein autogenes Wirbelsäule-Element ist, so ist durch diese seine Lage in dem Zwischenraume zwischen zwei Wirbelkörpern seine Bedeutung als unterer Dornfortsatz festgestellt. Denn nach der von Owen und theils schon von Joh. Müller festgestellten Terminologie bezeichnet man ein autogenes an der Bauchseite zwischen zwei Wirbelkörpern liegendes Wirbelelement als untern Dornfortsatz oder Hämapophyse. Dass eben die Lage zwischen zwei Wirbelkörpern das Hauptkennzeichen für die Hämapophyse ist, davon überzeugt man sich leicht an den untern Dornfortsätzen der Schwanzwirbelsäule; denn überall wo diese vorkommen, bei Säugethieren, Vögeln und Reptilien liegen sie immer zwischen zwei Wirbelkörpern.

Das Schlussstück des Atlas ist also die Hämapophyse zwischen letztem Schädelwirbel und erstem Halswirbel, die den Theil der Faserkapsel des ersten Wirbelkörpergelenkes, dem sie aufsitzt, in den Verknöcherungsprocess hereingezogen hat und so in directe Verbindung mit dem in der Faserkapsel befindlichen Meniscus getreten ist. Bei den Papageien schreitet diese Verknöcherung constant an der Peripherie des Meniscus nach hinten fort, so dass bei diesen auch das *Ligamentum transversum* ganz oder theilweise verknöchert.

Nun articulirt aber das Schlussstück des Atlas nicht blos mit dem Zahn des Epistropheus, sondern auch mit dem Epistropheus selbst und zwar, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, mit dem Körper des Epistropheus. Da aber der Epistropheus bekanntermaassen aus zwei Körpern besteht und der *Dens epistrophei* blos der vordere

Abschnitt des ersten Wirbelkörpers ist (wie Rathke, Bergmann und Béclard schon zeigten), so entsteht zunächst die Frage: welchem der beiden Körper gehört derjenige Knochentheil an, der dieses Gelenk mit dem Atlasschlussstück bildet.

Dass es dem ersten Wirbelkörper angehört, ist schon *a priori* unwahrscheinlich, denn einmal müsste dieser eine ganz aussergewöhnliche Form angenommen haben und zweitens wäre dies das einzige Beispiel in der vergleichenden Anatomie, dass ein und derselbe Knochen mit einem einzigen andern durch zwei vollständig getrennte Gelenke articulirte. Aber eben so auffallend wäre es, wenn der Knochentheil dem zweiten Wirbelkörper des Epistropheus angehörte. Denn anzunehmen, ein und dieselbe Hämapophyse articulire mit drei auf einander folgenden Wirbelkörpern, hat eben so wenig morphologische Wahrscheinlichkeit für sich. Dagegen ist es sehr gut denkbar, dass zwei auf einander folgende Hämapophysen mit einander articuliren. Dies ist auch in der That der Fall. Schon Rathke hat in seiner „Entwicklungsgeschichte der Natter" nachgewiesen, dass bei diesem Thiere nicht blos an der untern Seite des Epistropheus, sondern auch noch an den nächstfolgenden Wirbelkörpern ein autogenes Element vorkommt, und am Leguan ist es schon länger bekannt. Rathke hat nun zwar nicht nachgewiesen, dass gerade dieses Knochenstückchen später mit dem Schlussstück des Atlas in Gelenkverbindung tritt, und meines Wissens hat noch Niemand an einem Vogel oder Säugethiere einen solchen untern Dornfortsatz des Epistropheus nachgewiesen, allein, dass er wenigstens den Vögeln zukommt, und zwar gerade denjenigen Theil des Epistropheus bildet, der die zweite Gelenkverbindung mit dem Schlussstück des Atlas eingeht, beweist eine Beobachtung, die ich zu machen Gelegenheit hatte, und die ich in Fig. 11 abgebildet habe. Das Präparat stammt von einem halbjährigen Truthahn und die Abbildung stellt den senkrechten Durchschnitt durch Hinterhauptscondylus, Atlas und Epistropheus dar. Man erkennt, dass der Körper des Epistropheus aus drei Stücken besteht, *a* ist der erste Wirbelkörper, dessen vorderes Ende den *Processus odontoideus* bildet, *b* ist der zweite eigentliche Epistropheuskörper, und nun sieht man zwischen *a* und *b* ein drittes Knochenstückchen *c*, dessen Mittellinie der bei *d* sichtbaren Trennungslinie zwischen *a* und *b* entspricht und das mit dem Schlussstück des Atlas articulirt. (Siehe Tafel-

erklärung.) Da dieses Knochenstückchen somit zwischen zwei wahren Wirbelkörpern liegt, so kann seine Deutung als Hämapophyse oder unterer Dornfortsatz keinem Zweifel unterliegen. Dieser Deutung entspricht auch die Beschaffenheit des Gelenkes. Denn während alle Wirbelkörpergelenke des Vogels mit einem Meniscus und alle Wirbelkörpergelenke der Säugethiere mit einem *Annulus fibrosus* versehen sind, fehlt diesem Gelenk bei den Vögeln der Meniscus, bei den Säugethieren der *Annulus fibrosus*. Dieses Gelenk ist somit wenigstens bei Vögeln und Reptilien nichts anderes als ein Gelenk zwischen untern Dornfortsätzen, und obwohl ich nicht Gelegenheit hatte, auch bei Säugethieren einen solchen untern Dornfortsatz zwischen dem ersten und zweiten Wirbelkörper nachzuweisen, so ist es mir bei der sonstigen vollkommenen Übereinstimmung wahrscheinlich, dass er auch dieser Wirbelthier-Classe zukommt.

Demnach hätten wir also das Schlussstück des Atlas als die Hämapophyse zwischen letztem Schädel- und erstem Halswirbel, und den sogenannten Körper des Epistropheus sammt seinem Zahnfortsatz als eine Verschmelzung der zwei ersten Wirbelkörper und der zwischen ihnen gelegenen Hämapophyse aufzufassen.

2. Ligamentum suspensorium corporum vertebralium.

So nenne ich ein Band, welches bei den Vögeln zwischen den einander zugewandten Wirbelkörpern im Innern der Gelenkhöhle ausgespannt ist. Es durchzieht demnach auch die centrale Öffnung des Meniscus, zu dem es in eine eigenthümliche Beziehung tritt. Es liegt genau in der Körperaxe, nimmt somit die Stelle der embryonalen *Chorda dorsalis* ein.

Wie ich bereits oben erwähnte, ist es bis jetzt in dem grössten Theil der Wirbelsäule übersehen worden. Blos das erste derselben ist als *Ligamentum suspensorium dentis epistrophei* schon längst in der menschlichen und thierischen Anatomie bekannt und Barkow hat eine Modification desselben an der Brustwirbelsäule der Vögel erkannt, aber unter einem ganz andern Namen und ohne seine Homologien zwischen den übrigen Wirbeln der Vögel und denen der Säugethiere zu kennen, beschrieben. Dass es an der Halswirbelsäule übersehen wurde, ist mir auffallend, da es z. B. an dem mittlern Abschnitt der Halswirbelsäule eines Truthahns (siehe Fig. 9) ein Band

von reichlich 4 Millimetern Länge und 1 Millimeter Breite darstellt, das man sogar vor der Eröffnung des Gelenkes durch die dünnhäutige Gelenkkapsel durchscheinen sieht. Der Einzige, der etwas ähnliches erwähnt, aber nicht bei den Vögeln sondern bei den Schildkröten, ist Meckel und später, durch Meckel's Notiz veranlasst, Rathke.

Meckel sagt nämlich in seinem System der vergleichenden Anatomie II, 1, pag. 413:

„Die Anordnung der Gelenkflächen ist dieselbe, allein zwischen Chelone auf der einen, Emys und Testudo auf der andern Seite findet der bedeutende Unterschied statt, dass dort Knorpelbandmasse beide entgegengewandte Flächen in ihrer ganzen Ausdehnung an einander heftet, hier beide frei sind und nur an ihrem Umfang durch eine Synovialkapsel verbunden werden, höchstens sich innerhalb dieser Kapsel von vorn nach hinten ein schmales freies Faserband von einem Wirbel zum andern begibt."

Rathke citirt Meckel, ohne aber eines Bandes bei dem erwachsenen Vogel zu erwähnen. Er sagt blos, dass auch er einmal bei einem Hühnerembryo des 18. Bebrütungstages die *Chorda dorsalis* frei durch das Gelenk habe ziehen sehen. Doch komme ich später bei dem entwicklungsgeschichtlichen Theile dieser Abhandlung auf Rathke's Angaben noch ausführlicher zurück.

Da somit das Band als integrirender Bestandtheil aller Wirbelkörpergelenke der Vögel und speciell in seiner für die Classe der Vögel am meisten charakteristischen Form noch gänzlich unbekannt zu sein scheint, so setze ich eine ausführlichere Beschreibung seines Verhaltens hierher.

Da die charakteristischste Form diejenige ist, welche die Halswirbelsäule der Vögel bietet, so wähle ich das *Ligamentum suspensorium* der mittlern Halswirbelkörper als Ausgangspunkt meiner Darstellung. Das zur Beschreibung dienende Präparat stammt von der Halswirbelsäule des Truthahns.

Bekanntlich zeigt die untere Gelenkfläche der Halswirbelkörper eine Sattelform und zwar so, dass die eine Sattellehne nach der Bauchseite, die andere nach dem Rückenmarkscanale zu liegt. Ich nenne die erstere die vordere Sattellehne. Von der nach rückwärts sehenden überknorpelten Fläche dieser vorderen Sattellehne entspringt genau in der Mittellinie ein von vorn nach hinten etwas platt-

gedrücktes Band. Es erhebt sich aus der Knorpelfläche im Innern der Gelenkhöhle und zieht frei durch den obern Abschnitt derselben hindurch. An dem Meniscus angekommen tritt es durch die centrale Öffnung desselben hindurch und gelangt so in den untern Abschnitt der Gelenkhöhle. Diesen durchzieht es in der Richtung nach vorn und setzt sich mit fächerförmiger Ausbreitung am Bauchrande der Gelenkfläche des nächstfolgenden Wirbelkörpers an. Um sein Verhalten zu dem Meniscus zu verstehen, ist es nothwendig sich seine Lage und Richtung zu vergegenwärtigen. Bringt man die Halswirbelsäule in die Lage, welche sie bei ruhiger Stellung des Vogels einnimmt, so dass der mittlere Theil der Halswirbelsäule einen starken Bogen mit der Concavität nach rückwärts bildet, so sieht man, dass das Band vollkommen ausgespannt ist, und die Ursprungsstelle am obern Wirbelkörper nach der Rückenseite, die des untern Wirbels nach der Bauchseite zu liegt. Das Band zieht also, um von einem Wirbelkörper zu dem nächstfolgenden zu gelangen, schief von der Rückseite nach der Bauchseite. Daraus geht hervor, dass das Band, nachdem es durch die centrale Öffnung des Meniscus getreten ist, an die untere Fläche des Meniscus und zwar am vordern Umfang desselben zu liegen kommen muss. Wir können somit zwei Abtheilungen des Bandes unterscheiden, entsprechend den zwei Abtheilungen der Gelenkhöhle. Die obere Hälfte des Bandes zieht wie schon erwähnt frei durch die obere Abtheilung der Gelenkhöhle. Die untere Abtheilung dagegen verwächst an ihrer dem Kopfe zugewandten Fläche mit der untern Fläche des vordern Umfangs des Meniscus. Wenn man also das Gelenk so öffnet, dass der Meniscus auf der vordern Fläche des nächstfolgenden Wirbelkörpers sitzen bleibt und das Ligament aus seiner Verbindung mit der hintern Fläche des vorhergehenden Wirbelkörpers gelöst wird, so hat es den Anschein, als ob das *Ligamentum suspensorium* von dem innern freien Rand des Meniscus und zwar in dem der Bauchseite zu gerichteten Winkel der centralen Öffnung entspringen würde (siehe Fig. 4). Hebt man jedoch den Meniscus auf und betrachtet dessen untere Fläche (siehe Fig. 10), während man das *Ligamentum suspensorium* etwas anzieht, so erkennt man sogleich den untern dem Meniscus angewachsenen Theil des Bandes (*b*), dessen radial verlaufende Fasern sich deutlich genug von der concentrischen Anordnung der Bestandtheile des Me-

niscus unterscheiden. Ausserdem sieht man sehr deutlich, wie das Band an der der Faserkapsel aufsitzenden Peripherie des Meniscus angelangt nicht in diese übergeht, sondern sich von ihr abhebt und an den vordern Rand der überknorpelten Gelenkfläche sich ansetzt, so dass zwischen ihm und der Faserkapsel ein lockeres fetthaltiges Bindegewebe liegt.

Am klarsten habe ich dieses Verhalten beobachtet in den Gelenken zwischen dem 4. und 10. Halswirbelkörper beim Truthahn. In den Gelenken, die zwischen dem 2. und 4. Halswirbel liegen, wird die Erkenntniss dieses Verhaltens durch die Kürze des Bandes im Ganzen und insbesondere des untern Abschnittes erschwert, aber nach vorheriger Kenntniss der weiter nach hinten gelegenen Gelenke überzeugt man sich doch bald von der vollständigen Übereinstimmung, die zwischen ihnen besteht.

Von diesem Verhalten kommen nun mannigfache Abweichungen vor, die in causalem Verhältniss zu den Abänderungen des Meniscus stehen.

Betrachten wir zunächst die Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule. Wo nämlich die centrale Öffnung des Meniscus weiter gegen die Bauchseite vordringt und somit den untern Anheftungspunkt des obern freien Bandabschnittes, der ja im vordern Winkel dieser Öffnung liegt, dem vordern Umfang der Faserkapsel näher bringt und wo zugleich auch der obere Ansatz dieses Bandabschnittes weiter gegen den Bauchrand der Gelenkfläche rückt, verwächst auch der sonst freie Abschnitt des Bandes durch lockeres fetthaltiges Bindegewebe mit der Innenfläche der Gelenkkapsel, und in einem solchen Gelenk scheint das Band zu fehlen; allein bei näherem Zusehen erkennt man es deutlich als einen der Innenfläche der Kapsel angehefteten Strang, der in inniger Verbindung mit dem Meniscus steht. So verhält es sich z. B. in dem Gelenk zwischen dem zweiten und dritten Halswirbel von *Anas boschas*. Wird diese Verwachsung inniger und verliert somit das Band seine eigenthümliche Function, so lässt es sich nur schwer von der Faserkapsel unterscheiden, deren integrirender Bestandtheil es nun geworden ist. Dieses scheinbare Fehlen des Bandes scheint übrigens nur selten vorzukommen; ich fand es bei den Gelenken, die zwischen dem 7. und 11. Halswirbelkörper von *Anas boschas* liegen, und die sonst sehr dünnhäutige Gelenkkapsel zeigt an der Stelle, wo das *Ligamentum* liegen

sollte, in ihrer Continuität eine paarige strangförmige Verdickung, die man gewiss mit Recht als das Rudiment des Ligaments betrachten kann. In diesen Gelenken ist die centrale Öffnung des Meniscus bis an den Bauchrand desselben vorgeschritten. In dem Gelenk zwischen 11. und 12. Halswirbel (Fig. 7) ist der obere Bandabschnitt wieder frei.

Die Erklärung dieses Vorganges und die Rechtfertigung meiner Auffassung, dass das Band nicht fehle, sondern blos mit der Kapsel verwachsen sei, liegt im Folgenden:

Bei *Alytes obstetricans* findet man, wie bereits Joh. Müller in seiner Anatomie der Myxinoiden zeigt, an der Bauchseite der Halswirbelkörper ein Band, das, wenn nicht die *Chorda dorsalis* selbst, gewiss das Analogon des *Ligamentum suspensorium* ist, und dadurch vor die Wirbelsäule zu liegen kommt, dass der Wirbelkörper nicht ringförmig die Chorda umwuchs, sondern sich blos als halbmondförmige Masse an ihrem hintern Umfang anlegte. Bei den Vögeln entsteht nun nachgewiesenermaassen der Halswirbelkörper zwar als geschlossener Ring, allein nach den Verhältnissen am Erwachsenen zu schliessen, überschreitet die Massenzunahme am hintern Umfang beträchtlich die des vordern Umfanges. Dadurch kommt die Chorda excentrisch nahe unter die vordere Oberfläche des Wirbelkörpers und das um sie sich bildende *Ligamentum suspensorium* nahe an die Gelenkkapsel zu liegen, was zur Verwachsung führt. Freilich fehlt mir der allein entscheidende Nachweis des Ligamentes in den erwähnten Gelenken als isolirten Gebildes beim Entenembryo; allein meine Ansicht gewinnt eine hohe Wahrscheinlichkeit durch die Verdickung der Kapsel an der betreffenden Stelle, durch die Analogie der anderen Gelenke der Ente und derselben Gelenke bei anderen Vogelarten und durch das Verhalten bei *Alytes obstetricans*, das eine weitere Stufe der Excentricität der Chorda darbietet. Diese Excentricität ist wohl der Schlüssel zu diesem scheinbaren Fehlen des Bandes.

Mit der Reduction des Meniscus, wie ich sie oben in der Brustwirbelsäule der Ente beschrieben habe, tritt nun eine andere Modification des Bandes ein. Das Band wird ganz frei und man kann jetzt nicht mehr von zwei Abschnitten reden. Die beiden Ansatzpunkte des Bandes an den zwei einander zugekehrten Wirbelkörperflächen rücken von der Bauchseite ab nach dem Centrum des Wirbelkörpers,

so zwischen erstem und zweitem Rückenwirbel der Ente und in den folgenden Gelenken sogar noch darüber hinaus gegen die Rückenseite. Da ferner wegen des fast ganz geraden Verlaufs der Brustwirbelsäule die beiden Ansatzpunkte einander decken und die geringe Beweglichkeit der Brustwirbelsäule fast gar keine Verschiebung der Ansatzpuncte gegen einander zulässt, so ist das Band so kurz, dass man eigentlich von keiner Längendimension desselben reden kann, dagegen nimmt es in der Breite zu. So ist dasjenige Verhalten des Bandes entstanden, das Barkow „eine centrale Verwachsung der Wirbelkörperflächen" nennt. (Barkow's Angabe, dass diese sogenannte centrale Verwachsung an der Brustwirbelsäule der Ente fehlt, ist unrichtig; ich finde sie dort in der schönsten Vollkommenheit.) Die Brustwirbelsäule von *Strix aluco* zeigt mir dasselbe Verhalten; nur ist das Ligament viel zarter und etwas länger, was mit der grösseren Beweglichkeit ihrer Wirbelsäule zusammenhängt.

Anderer Art sind die Veränderungen des Bandes da, wo der Meniscus übergeht in die Bildung eines *Annulus fibrosus*, wie ich es oben bei der Brustwirbelsäule des Geieradlers angab. An der Stelle, wo (an der Halswirbelsäule) der zweite nicht freie Abschnitt des *Ligamentum suspensorium* an denselben angewachsen ist, d. h. also am vordern Umfang, da beginnt die Verwachsung des Meniscus mit den einander zugewandten Wirbelkörperflächen. Dies hat nun zur Folge, dass dieser zweite nicht freie Abschnitt des Bandes verschwindet und der obere freie Abschnitt mit seinem untern Ende auf das Centrum der Wirbelkörperfläche zu sitzen kommt; ferner, dass der freie Bandabschnitt bis auf die Dicke des Meniscus verkürzt werden muss. Zugleich wird er sehr breit. So wird das Band zu einer kreisrunden central gelegenen Knorpelscheibe, die z. B. beim Geieradler 2 Millimeter dick und 6 Millimeter breit ist. Diese Knorpelplatte, die das Centrum der Wirbelkörperflächen verbindet, steht an ihrer Peripherie mit dem innern Rande des Meniscus in lockerer Verbindung, aber blos so weit, als der Meniscus selbst mit den Wirbelkörperflächen verwachsen ist. Am hintern Umfang ist sie also in der Rückenwirbelsäule frei.

Eigenthümlich und wichtig für die Parallelisirung der Vögel und Säugethiere ist das physikalische Verhalten des Bandes in seiner so eben beschriebenen Modification. Es zeigt nicht mehr den Sehnenglanz und die Straffheit wie in der Halswirbelsäule, sondern ist

zu einer gallertig durchscheinenden wasserhaltigen leicht von dem Wirbelkörper ablösbaren Substanz geworden, die nichts von einer concentrischen Schichtung bemerken lässt. Dadurch kann man sie an senkrechten Durchschnitten leicht von der Masse des Meniscus, mit der sie am vordern Umfang zusammenhängt, unterscheiden.

Geht man nun über zur Schwanzwirbelsäule des Geieradlers, bei der, wie oben erörtert, der Meniscus vollständig in einen *Annulus fibrosus* übergegangen ist, so findet man hier, umschlossen von dem *Annulus fibrosus*, im Centrum des Gelenkes, wo das Band liegen sollte, einen *Nucleus pulposus*, der sich von dem der Säugethierwirbelsäule fast gar nicht unterscheidet, ausser dadurch dass er noch lockerer und zerfliesslicher ist.

Nach diesem Befunde kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass das von mir beschriebene *Ligamentum suspensorium* der Vögel das Analogon des *Nucleus pulposus* der Säugethiere ist, ebenso wie wir in dem Meniscus der Vögel den freigewordenen *Annulus fibrosus* der Säugethiere erkannten. Es ist blos noch zu erwähnen, dass bei andern Vögeln, z. B. bei *Anas boschas* und *Strix aluco*, das Band, wie es schon in der Rumpfwirbelsäule mehr seiner ursprünglichen fibrösen Beschaffenheit treu blieb, auch in der Schwanzwirbelsäule in ein fibröses Gewebe umgewandelt ist, das von dem des *Annulus fibrosus* sich blos durch eine etwas lockere Consistenz unterscheiden lässt.

Ich glaube somit die auf den ersten Blick so sehr differirenden Wirbelkörpergelenke der Vögel und Säugethiere und die so abweichenden Gelenke zwischen Hinterhaupt, Atlas und Epistropheus mit den übrigen Gelenken in morphologischen Einklang gesetzt zu haben, und es erübrigt jetzt nur noch, von der Entwicklungsgeschichte der Gelenkbestandtheile zu reden.

Entwickelungsgeschichtliches.

I. Von dem Ligamentum suspensorium.

Das Interesse, das die Wissenschaft an der richtigen Erkennung der Entwicklung dieses Bandes haben muss, liegt darin, dass sie das Schicksal derjenigen Abschnitte der *Chorda dorsalis* entscheiden wird, welche zwischen den Wirbelkörpern liegen. Dass

diese Frage der Embryologie noch nicht erledigt ist, wird aus der folgenden historischen Übersicht sich ergeben. Denn alle Angaben, die ich über diesen Punkt fand, sind theils falsch, theils unbestimmt oder unvollständig.

Baer, bekanntlich der Entdecker der *Chorda dorsalis*, die den früheren Bearbeitern der Entwicklungsgeschichte, Haller, Wolf und Pander, nicht bekannt war, äussert sich in seiner „Entwicklungsgeschichte des Thierreiches 1828", so wie später im „zweiten Bericht der anatomischen Anstalt zu Königsberg" und in seinen „Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Fische 1835" in gleicher Weise; ich setze desshalb blos die betreffende Stelle aus der letzteren Schrift hieher; er sagt dort, pag. 36: „Diese Wirbel-„körper verdicken sich endlich nach innen und schnüren die Wirbel-„saite paternosterförmig ab, so dass aus der Wirbelsaite die Summe „der Zwischenwirbelkörper wird, wie ich nach Vergleichung der „Skelete ausgewachsener Knorpelfische vermuthet hatte."

Joh. Müller äussert sich in seiner „Vergleichenden Anatomie der Myxinoiden 1834" folgendermaassen über das Schicksal der *Chorda dorsalis*.

Pag. 146: „Es kann indess nicht bezweifelt werden, dass die „Entwicklung der Wirbelsäule den in anderen Classen constanten „Gang auch hier nehme, dass die *Chorda dorsalis* zuerst paternoster-„förmig abgetheilt wird und dass die *Ligamenta intervertebralia* die „letzten bleibenden Reste ihres Daseins sein werden".

Rathke sagt in seiner Entwicklungsgeschichte des Schleimfisches (Burdach, Physiologie II, 1837) auf pag. 280: „Die fibröse Scheide der Wirbelsaite wandelt sich zum Theil in die „Bandmasse um, welche die einzelnen Wirbelkörper unter einander „verbindet."

Burdach selbst sagt, pag. 322: „Das, was von der Hülle der „Spinalsaite übrig bleibt, dient als Bandmasse."

Eingehender ist die Angabe Rathke's in seiner Entwicklungsgeschichte der Natter 1839. Er sagt zuerst, die Knochenhaut, durch welche die Wirbelkörper zusammenhängen, sei nicht etwa ein Überrest der Scheide der *Chorda dorsalis*, sondern das Blastem, das um die *Chorda dorsalis* angehäuft sei, werde zur Bildung der Wirbel und deren verschiedenen Bänder verwendet. Zu

dieser negativen Angabe über das Schicksal des betreffenden Abchnittes der Chorda findet sich die positive auf pag. 118:

„Doch geschieht dies (das Verdrängen der Chorda) nicht nach „der ganzen Breite des Ringes, die unterdessen schon ansehnlich zu„genommen hat, sondern nur in dessen hinterer Hälfte: denn an der „vorderen Hälfte des Ringes füllt sich die Höhle in der Art, dass „daselbst eine kurze und weite trichterförmige Grube zurückbleibt, „die von einem Überreste der Scheide der Wirbelsaite ausgekleidet „wird. Während nämlich durch den oben geschilderten Bildungsvor„gang der Wirbelkörper die *Chorda dorsalis* stellenweise ein„geschnürt und zuletzt auch abgeschnürt, oder in ihrem Verlaufe „unterbrochen wird, bleibt zwischen je zwei Wirbeln ein Rest von „ihr zurück, der jetzt eine Gelenkkapsel bildet, von welcher die ein„ander zugekehrten Enden der Körper beider Wirbel bekleidet und „zusammengehalten werden".

Rathke's Angaben über diesen Punkt, die er in seinem in demselben Jahre erschienenen „vierten Bericht des naturwissenschaftlichen Seminars zu Königsberg" niederlegte, kann ich leider nicht vergleichen, da ich dieses Werk nicht bekommen konnte.

Reichert in seinem „Entwicklungsleben im Wirbel„thierreich 1840 sagt, pag. 31, blos ganz kurz: „Die Verkümme„rung der Wirbelsaite schreitet unter der beständig nachfolgenden „innigeren Vereinigung beider Urplatten des Wirbelsystems von „vorn nach hinten immer weiter und im entwickelten Frosch behalten „wir nur noch zwischen den einzelnen Wirbeln ihre Rudimente."

Bischoff äussert sich (Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Säugethiere 1842) folgendermaassen: „Zwischen 2 (Wirbel„körper-) Ringen bleibt ein Theil von ihr (der *Chorda dorsalis*) „übrig. Die Ringe werden so die Wirbelkörper und der zwischen „ihnen bleibende Theil das *Ligamentum intervertebrale.*"

Alle die bisher angeführten Notizen sind falsch und andere Forscher, wie Valentin, Vogt, gehen über diesen Punkt mit Stillschweigen hinweg. Noch 1845 hält Bergmann (l. c.) das *Ligamentum transversum* für eine verdickte Portion der Chordalscheide.

Die ersten Zweifel an dieser Persistenz der Chorda und ihrer Scheide äussert Reichert in seiner Abhandlung „zur Controverse über den Primordialschädel" Müller, Archiv 1849; er sagt dort, pag. 485: „dass endlich die Wirbelsaite bei Überhand-

„nahme der Verknorpelung und Verknöcherung der skeletbildenden „Schicht um sie herum verkümmert und stellenweise gänzlich hin„schwindet, ja dass sie bei den höheren Wirbelthieren selbst in den „*Ligamenta intervertebralia* nicht mit Sicherheit nachzuweisen ist, „ist eine nicht abzuweisende Thatsache.“

In demselben Jahre erschien Rathke's classische Untersuchung über die Entwicklungsgeschichte der Schildkröte 1849. Er tritt darin mit Entschiedenheit gegen die bisherige Ansicht auf, und da dies die einzige ausführliche und, so viel mir bekannt, auch letzte Angabe über das schliessliche Schicksal der *Chorda dorsalis* bei den höheren Wirbelthieren ist, also meine Beobachtungen sich unmittelbar daran anschliessen, so theile ich den betreffenden Abschnitt vollständig mit.

Pag. 76: „Die Rückensaite nimmt an der Bildung der Gelenk„verbindungen zwischen den Wirbelkörpern eben so wenig bei den „Schildkröten wie bei den Batrachiern, Vögeln und Säugethieren einen „wesentlichen Antheil. Durch die Gelenkhöhlen, die sich bei dem „Embryo von Testudo zwischen den Körpern der Halswirbel gebildet „hatten, lief sie wie ein Faden hindurch, der selbst im Vergleich mit „dem Querdurchmesser dieser Höhlen nur sehr dünn war. Dasselbe „Verhältniss fand ich auch bei einem Hühnchen vom 18. Tage der „Betretung an den Halswirbeln, zwischen deren Körpern sich schon „ebenfalls Gelenkhöhlen befanden. Gleichfalls bemerkte ich bei „Schweinsembryonen von 1″—1″3‴, dass bei ihnen die Rückensaite „durch die schon vorhandenen Anlagen der *Ligamenta interverte„bralia* geradenwegs, wie ein zarter Faden, hindurch lief. Dass aber „bei denjenigen jungen Schildkröten, bei welchen zwischen den „Körpern der Halswirbel schon so ausgebildete Gelenkhöhlen vorka„men, dass sie von einer serösen Haut ausgekleidet waren, Überreste „von der Scheide der Rückenseite sich erweitert und in diese Haut „umgewandelt haben sollten, ist nicht glaublich, weil jene Scheide „und diese Haut in ihrem Gewebe gar zu sehr verschieden sind. „Zudem geht nach Beobachtungen, die von Meckel gemacht worden „sind, selbst bei erwachsenen Schildkröten, mitunter ein dünner „fibröser Faden von einem Wirbelbeinkörper zu dem andern mitten „durch die Gelenkhöhle hindurch. Nicht unwahrscheinlich aber „dürfte es sein, dass ein solcher Faden ein Überrest von der Rücken„saite ist.“

Weiter unten sagt er: „Von dem vordern abgerundeten Ende „des Zahnfortsatzes geht ein cylindrischer Strang, der nur sehr „kurz und im Verhältniss zu diesem Fortsatze nur mässig dick ist, „zu dem Hinterhauptsbein, namentlich zu dem Gelenkkopf desselben, wenn sich nämlich ein solcher schon ausgebildet hat. Bei den „Embryonen von Chelonia und Testudo wie bei der jungen Sphargis „schien es nichts weiter zu sein, als der vorderste Theil der Rückensaite, die noch ohne Unterbrechung durch alle Wirbel hindurchlief „und in die Schädelgrundfläche eindrang. Bei andern jungen Schildkröten aber und bei erwachsenen Exemplaren von *Chelonia imbricata*, *Trionyx ferox* etc. fand ich, dass er durchweg aus einem „Knorpel bestand und im Innern ganz dicht war. Danach zu urtheilen, „bildet sich also zwischen dem Zahnfortsatze und dem Hinterhauptsbein um die Rückensaite eine besondere scheidenartige Hülle, „worauf auch dieser Theil der Rückensaite ganz und gar verschwindet, seine neuentstandene Hülle aber sich in einen dichten Strang „umwandelt, der seiner Lage und Verbindung nach dem *Ligamentum suspensorium* des *Os odontoideum* der Säugethiere, Vögel, Eidechsen und Schlangen entspricht."

Rathke hat die Bildung des *Ligamentum suspensorium* des *Proc. odontoideus* richtig erkannt, aber er hat eine falsche Parallele gezogen, denn er sagt später von dem *Lig. suspensorium*: es dürfe den *Ligamenta intervertebralia* beigezählt werden, wie sie zwischen den Schwanzwirbelkörpern sich finden. Dass diese aber aus zwei morphologischen Elementen, nämlich einem *Ligamentum suspensorium* und der einen *Annulus fibrosus* darstellenden *Fibrocartilago intercalaris* zusammengesetzt sind, geht aus dem früher von mir Angeführten hervor. Dass das *Ligamentum suspensorium* des Zahnfortsatzes vom Epistropheus das erste meiner *Ligamenta suspensoria corporum vertebralium* ist, geht aus seinem Verhalten zu der ersten mit Atlas und *Ligamentum transversum* verbundenen *Fibrocartilago intercalaris* hervor. Denn es zieht durch die centrale Oeffnung eines zwischen zwei Wirbelkörpern eingeschobenen Meniscus hindurch ganz so, wie die *Ligamenta suspensoria* der übrigen Wirbelkörpergelenke, nur dass es nicht an den vordern, sondern an den hintern Umfang desselben angeheftet ist.

Ferner ist Rathke im Unklaren über das Schicksal der *Chorda dorsalis* in den übrigen Wirbelkörpergelenken. Zwar geht aus sei-

ner Darstellung hervor, dass er geneigt ist, ein völliges Verschwinden der *Chorda dorsalis* anzunehmen, aber das von Meckel beobachtete *Ligamentum suspensorium* erwachsener Schildkröten, das Rathke augenscheinlich nicht selbst gesehen hat, glaubt er für einen Rest der Chorda halten zu müssen, und wagt desshalb nicht, ein definitives Urtheil auszusprechen.

Da in dem neuesten Werke über die Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere von Remak 1855 von keinem *Ligam. suspensorium* und noch weniger von einer Entwicklungsgeschichte desselben die Rede ist, so repräsentirt Rathke's Angabe den heutigen Stand der Kenntnisse über diesen Gegenstand, soweit sie in der Literatur niedergelegt sind. Dass diese einer Erledigung der Sache nicht gleichkommt, erhellt schon aus ihr selbst, und einfach daraus, dass er das *Ligamentum suspensorium* als integrirenden Bestandtheil aller Wirbelkörpergelenke nicht kannte.

Ich war nun so glücklich, unter den mir von Herrn Professor Brücke übergebenen Hühner-Embryonen gerade zwei Entwicklungsstadien zu finden, welche die Frage über das Schicksal der Chorda wenigstens bei den Vögeln definitiv zum Abschluss bringen.

Auf der beiliegenden Tafel habe ich in Fig. 1—3 eine Darstellung des von mir gefundenen Sachverhaltes gegeben.

Fig. 1 stellt die Gelenke zwischen dem 7. und 8., 8. und 9. Halswirbelkörper eines Hühnchens, von der Rückenseite aus gesehen, dar. Durch einen feinen Schnitt ist die hintere Partie der Wirbelkörper bis auf das Niveau der Verknöcherungspunkte abgetragen. Die Gelenkhöhlen sind also geöffnet, ohne dass die *Chorda dorsalis* von dem Schnitte getroffen wurde. Man sieht die Chorda sammt ihrer Scheide ohne Unterbrechung von einem Wirbelkörper zum andern herüberziehen. Die Bildung der Gelenkhöhle hat begonnen und stellt in dieser Ansicht jederseits eine Spalte *(c)* dar, die übrigens nicht bis an die Scheide der Chorda vordringt, Die Chorda läuft also nicht, wie Rathke angibt, frei durch die Gelenkhöhle hindurch, sondern ist von einer sie scheidenartig umhüllenden Zellenmasse umgeben, die eine continuirliche Fortsetzung der Masse des einen Wirbelkörpers in die des andern ist. Diese centrale die Chorda umhüllende Masse ist aber scharf geschieden, nicht blos von der Chorda, sondern auch von ihrer Scheide.

Um nun aber zu entscheiden, ob die Chorda mit ihrer Scheide in der That mitten durch diese centrale Zellenmasse hindurch geht,

und nicht etwa derselben blos anliegt, fertigte ich einen senkrechten Durchschnitt durch das Gelenk an und habe diesen stärker vergrössert in Fig. 3 abgebildet. Man sieht die Chorda ebenfalls ununterbrochen durch die zwei an einander stossenden noch knorpligen Enden der Wirbelkörper hindurchziehen. Die Scheide der Chorda sieht man hier nicht, wohl aus dem einfachen Grunde, weil sie, durch den ersten Schnitt getrennt, sich vermöge ihrer bekannten Elasticität, nach rechts und links hinter die Chorda zurückgezogen hat und so von dem zweiten Schnitt nicht mehr getroffen wurde. Man sieht ferner die Gelenklinie *(a)* bereits gebildet und sie dringt auch hier weder an der Rückseite, noch an der Bauchseite bis zur Chorda hin, sondern diese liegt wie in Fig. 1 im Centrum einer Substanzbrücke *(c)*, welche nach innen von den beiden Gelenklinien die Continuität zwischen den beiden Wirbelkörperenden erhält. Demnach unterliegt es keinem Zweifel, dass die Chorda wirklich von dieser centralen Substanzbrücke scheidenartig umschlossen wird.

Dass diese Substanzbrücke, die die *Chorda dorsalis* umhüllt, die Anlage des von mir gefundenen *Ligamentum suspensorium* ist, erhellt aus Fig. 2. Diese zeigt zwei Halswirbelkörper eines in der Entwicklung weiter vorangeschrittenen Hühnchens. Durch künstliches Strecken der Wirbelsäule haben sich die Gelenkenden der Wirbelkörper etwas von einander entfernt. Man sieht nun das zwischen ihnen ausgespannte Band *(a)*, und dass dies dieselbe Substanzbrücke wie in Fig. 1 und 3 ist, erkennt man daran, dass in ihrem Centrum die letzte Spur der *Chorda dorsalis* als dunkle Linie *(c)* zu erkennen ist, die an ihren beiden im Wirbelkörperende selbst gelegenen Enden eine kolbige Anschwellung zeigt.

Vergleicht man diese Beobachtungen mit der Schilderung, die Rathke von der Entwicklung des *Ligamentum suspensorium* des *Proc. odontoideus* gab, so erhellt sogleich die vollkommene Übereinstimmung in der Entwicklung beider Gebilde, und es wird somit auch durch die Entwicklungsgeschichte bestätigt, dass das *Ligamentum suspensorium* des *Proc. odontoideus* das erste meiner *Ligamenta suspensoria corporum vertebralium* ist.

Ferner geht aber auch aus meiner Beobachtung hervor, dass auch diejenigen Abschnitte der *Chorda dorsalis*, die zwischen den Wirbelkörpern liegen, wie bereits Rathke vermuthet hatte, voll-

ständig zu Grunde gehen, und dass nicht einmal der fibröse Faden in der Gelenkhöhle der Schildkröten, der Rathke allein noch Scrupel macht, als Überrest der Chorda betrachtet werden darf, denn dass dieser Faden des Schildkrötengelenkes das Analogon des *Ligamentum suspensorium* der Vögel ist, dürfte nach dem, was ich oben über dieses Gebilde sagte, keinem Zweifel unterliegen, obwohl ich selbst nicht durch die Autopsie mich davon überzeugen konnte.

Es steht also fest, dass wenigstens bei den Vögeln die *Chorda dorsalis* in ihrer ganzen Ausdehnung ein rein embryonales Gebilde ist und kein dem erwachsenen Thiere zukommender Körpertheil als Überrest der Chorda bezeichnet werden darf.

Dass dieser Satz auch für die Säugethiere gilt, dürfte bei der von mir hergestellten vollkommenen morphologischen Übereinstimmung der Bestandtheile der Wirbelkörpergelenke wohl ebenfalls feststehen. Somit wäre also weder der *Annulus fibrosus*, noch der *Nucleus pulposus* ein Überrest der Chorda oder ihrer Scheide.

Über das Wirbelkörpergelenk der Reptilien erstreckten sich zwar meine Untersuchungen nicht, allein es ist mir wahrscheinlich, dass wenigstens die beschuppten Reptilien und die höheren Batrachier sich in gleicher Weise verhalten, und die vorliegenden Beobachtungen über die Vögel dürften auch noch zu einer Revision dieser Frage bei den Knochenfischen auffordern.

2. Entwickelungsgeschichtliches über den Meniscus.

Ueber die Entwicklung dieses Gebildes konnte ich mir aus meinen eigenen Beobachtungen keine selbstständige Ansicht bilden. Allein eine meiner Beobachtungen liess mich, schon ehe ich Remak's Angabe über diesen Punkt kannte, dasselbe vermuthen, was Remak darüber sagt. Da nun diese Beobachtung füglich als Bestätigung für die Angabe Remak's dienen kann, so setze ich sie hieher, zumal da unter Remak's Gründen für seine Ansicht der Grund, der in meiner Beobachtung liegt, fehlt. Dieser sagt nämlich in seiner „Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere 1855“:

„Die Anlagen der Zwischenwirbelscheiben gehen, wie der weitere Verlauf lehrt, aus dem Schwanztheile des primitiven Wirbel-

„körpers oder, was dasselbe ist, aus dem Kopftheile des secundären „Wirbelkörpers hervor. Denn sucht man an den folgenden Tagen die „neuen secundären Wirbelkörper mittelst Nadeln von einander zu „trennen, so findet man immer, dass die Ablösung vor der Zwischen- „wirbelscheibe zu Stande kommt. Die letztere gehört also ihrem „Ursprung nach zu dem hinter ihr liegenden secundären Wirbel- „körper."

Ganz dasselbe findet auch beim erwachsenen Vogel statt. Wenn man die Wirbelsäule in Wasser bis zum vollständigen Aufhören alles Zusammenhangs macerirt, so bleibt der Meniscus immer auf der obern Fläche des Wirbelkörpers sitzen. Dies war die erste Veranlassung zu meiner mit Remak übereinstimmenden Vermuthung. Allein dies erklärt sich auch schon aus dem oben beschriebenen Verhalten des Meniscus zum *Ligamentum suspensorium*, und ich glaube, diese innigere Verbindung des Meniscus mit dem nach hinten liegenden Wirbel, die Remak als einzigen Grund für seine Angabe anführt, kann für sich allein die Frage noch nicht definitiv entscheiden. Für maassgebend aber halte ich folgende übrigens auch für mich einzeln dastehende Beobachtung an der Wirbelsäule eines Nestvogels von *Fringilla domestica*. (Leider habe ich in meinem Notizenbuche damals blos eine schematische Abbildung angefertigt, und besitze jetzt kein Material zur Anfertigung einer naturgetreuen Zeichnung, so dass ich also in Fig. 8 blos meine schematische Abbildung wiedergeben konnte.) Die Knorpelzellen zeigten auf einem in der Axe des Körpers horizontal geführten Durchschnitt eine reihenweise Anordnung. Es entstanden so Linien, die ich kurzweg Knorpelzellenlinien nennen will. Diese Linien liefen in dem Schwanzende des vordern Wirbels vollkommen parallel mit dem Rande der Knorpelfläche (Fig. 8, *a*). In dem Meniscus *(b)* liefen sie der vordern Kante ebenfalls parallel, allein an der hintern Contour liefen sie unter spitzem Winkel gegen die vordere Fläche des nächstfolgenden Wirbelkörpers aus, und die Knorpellinien dieses bildeten die directe Fortsetzung der Knorpellinien des Meniscus. Es liefen nämlich die Knorpelzellenlinien des hinteren Wirbelkörpers *(c)* nicht seiner vordern Contour parallel, sondern stellten lauter Kreissegmente dar, die mit ihren beiden Enden auf der Contour des Wirbels aufstanden. Ein Blick auf die Figur, wo ich den Verlauf der Knorpelzellenlinien durch punctirte Linien ange-

geben habe, wird dies sogleich veranschaulichen. Dieses Verhalten beweist mehr als alles Andere, dass der Meniscus eine Abhebung von der vordern Fläche der Wirbelkörper ist. Allein zur vollkommenen Entscheidung fehlt noch der Nachweis, dass die Gelenklinie zwischen *a* und *b* (Fig. 8) der Zeit nach früher entsteht, als die zwischen *b* und *c* und diesen konnte ich mit meinem Materiale nicht liefern.

Die Resultate, die ich aus dem Bisherigen gewonnen habe, sind somit folgende:

1. Der Meniscus der Vögel ist das Analogon des *Annulus fibrosus* der Säugethiere und entwickelt sich wahrscheinlich als Abhebung von der obern Fläche des Wirbelkörpers.
2. Zwischen allen Wirbelkörpern der Vögel findet sich ein Gebilde, das analog ist dem *Ligamentum suspensorium* des *Processus odontoideus* und sich, wie dieses, aus einer die *Chorda dorsalis* umhüllenden Substanzbrücke zwischen zwei Wirbelkörpern entwickelt.
3. Der *Nucleus pulposus* der Säugethiere ist das Analogon dieses *Ligamentum suspensorium*.
4. Die Knorpelscheibe, die mit dem Ausschnitt des Atlas verwachsen ist, ist der erste Meniscus und sein Analogon bei den Säugethieren ist der immer faserknorpelige Theil des *Ligamentum transversum atlantis*.
5. Das *Ligamentum capsulare atlantico-occipitale* und das *Lig. caps. atlantico-epistrophicum odontoideum* sind die zwei Hälften der ersten Wirbelkörper-Gelenkkapsel.
6. Das Schlussstück des Atlas ist ein unterer Dornfortsatz.
7. Der Theil des Epistropheuskörpers, mit dem das Schlussstück des Atlas articulirt, ist ebenfalls ein unterer Dornfortsatz.
8. Die Summe der das Wirbelkörpergelenk bildenden Weichtheile ist nicht Ueberrest der *Chorda dorsalis*, sondern diese geht im Laufe der Entwicklung vollständig zu Grunde.

ANHANG.

Auf der beiliegenden Tafel habe ich noch eine morphologisch nicht uninteressante Hemmungsbildung dargestellt, die ich an den zwei ersten Halswirbeln eines Seeadlers fand.

Fig. 12—14 zeigt die normalen zwei ersten Wirbelkörper. Der Epistropheus ist von oben (Fig. 13) und von der Seite (Fig. 14) gezeichnet.

Fig. 15—17 gibt ganz dieselben Ansichten der abnormen zwei ersten Halswirbel.

Vergleicht man Fig. 15 mit Fig. 12, so sieht man, dass bei Fig. 15 der normale halbmondförmige Ausschnitt am hintern Umfang des vordern Atlasstückes fehlt und die Gelenkfläche für den Condylus des Hinterhauptes ein vollständiges Acetabulum bildet.

Vergleicht man nun den abnormen Epistropheus (Fig. 16 und 17) mit dem normalen (Fig. 14 und 13), so sieht man, dass ersterem der Zahnfortsatz fehlt und dass der Eindruck für das *Ligamentum suspensorium*, den man in Fig. 13 auf der Spitze des Zahnfortsatzes sieht, in Fig. 16 auf der Mitte der vordern Fläche des abnormen Epistropheus liegt.

Es ist also hier das Knochenstück, das im normalen Entwickelungsgang mit dem Epistropheus verwächst und dessen Zahnfortsatz bildet, abnormer Weise mit den Bestandtheilen des Atlas verschmolzen, so dass dessen Mittelstück jetzt ganz die Umrisse eines vollständigen Wirbelkörpers besitzt. Durch diese Hemmungsbildung wird zu den anatomischen und physiologischen Gründen, die man für die Auffassung des *Processus odontoideus* als erster Wirbelkörper angeführt hat, noch ein neuer pathologischer Grund gefügt, und so diese Ansicht, wenn es überhaupt noch nöthig sein sollte, auch von dieser Seite bestätigt.

Über das Verhalten der Weichtheile, das hier gewiss nicht ohne Interesse gewesen wäre, kann ich leider nichts angeben, da ich die Beobachtung erst machte, als die Wirbelsäule durch Kochen mit Natronlauge bereits aller Weichtheile beraubt war. Doch glaubte ich diesen Fall hier mittheilen zu müssen, weil es meines Wissens der erste derartige ist, der zur Mittheilung gelangt. Auch wenn in der mir weniger bekannten Speciallitteratur über Missbildungen am Menschen etwas Ähnliches erwähnt sein sollte, so dürfte diese Mittheilung nicht ganz ohne Werth sein.

NACHTRAG.

Vorgelegt in der Sitzung vom 18. November 1858.

Nachdem die obige Abhandlung bereits der k. Akademie der Wissenschaften vorgelegt war, erhielt ich durch die Güte des Herrn Professor Luschka sein noch nicht lange zuvor veröffentlichtes und mir noch nicht bekanntes Werk „die Halbgelenke des menschlichen Körpers".

Herr Prof. Luschka hat darin die anatomischen Verhältnisse der Wirbelkörperverbindungen beim Menschen in einer virtuosen Weise geschildert und abgebildet, allein in der Deutung der Verhältnisse und der Darstellung der Entwicklung finden sich Angaben, die allerdings bei blosser Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Säugethieren vollständig richtig erscheinen, die aber bei einer Vergleichung mit den Wirbelkörperverbindungen der nächst niederen Wirbelthierclasse, der Vögel, einer andern Auffassung Platz machen müssen. Es bewährt sich auch hier der Satz, dass der Schlüssel für die richtige Auffassung der Anatomie der höheren Thiere immer in den nächstvorhergehenden Ordnungen zu suchen ist.

Ich sehe mich desshalb genöthigt, meiner Abhandlung eine besondere Besprechung der Schrift des Herrn Prof. Luschka anzuhängen, weil dieselbe dazu dienen wird, die Richtigkeit und Tragweite meiner Untersuchungen in schlagender Weise darzuthun und die so lange unentschiedene Frage über die Auffassung des *Nucleus pulposus* definitiv zu erledigen.

Ich werde zuerst von der Deutung des *Annulus fibrosus* und des *Nucleus pulposus* handeln und zum Schluss bei der Entwicklung auf die *Chorda dorsalis* zurückkommen.

Dass der *Annulus fibrosus* das Analogon des Meniscus der Vögel ist, glaube ich in der obigen Abhandlung zur Genüge dargethan zu haben. Die Übergangsstufen beim Lämmergeier, die gleiche mikroskopische und makroskopische Beschaffenheit seines Gewebes lassen darüber keinen Zweifel aufkommen. Nach diesem kann also der *Annulus fibrosus* nicht mit Herrn Prof. Luschka eine Gelenkfaserkapsel genannt werden, sondern hat die Bedeutung einer *Cartilago interarticularis*.

Ausser den vergleichend anatomischen Gründen spricht dafür noch das Verhalten bei den Säugethieren an und für sich: die Faserkapseln der Gelenke sind immer directe Fortsetzungen der Beinhaut des einen Knochens in die des andern und zeigen nie eine faserknorpelige Beschaffenheit, denn das *Labrum cartilagineum* des Acetabulums gehört nicht mehr zur Faserkapsel. Auch gibt es kein Gelenk, bei dem die Faserkapsel, statt einfach die zwischen den Knochenenden bestehende Spalte zu übersetzen, sich in mächtiger Entwicklung gleichsam als Duplicatur in die Spalte einsenken und die Knochenenden verkleben würde. Der *Annulus fibrosus* verhält sich vielmehr ganz so wie eine *Cartilago interarticularis* des Kniegelenkes, wie der Meniscus des Unterkiefergelenkes und der Meniscus der Vögel: er ist der inneren Fläche der Gelenkkapsel angewachsen und keilförmig zwischen die Knochenenden eingeschoben und unterscheidet sich in Structur, Consistenz und äusserem Ansehen von der Kapsel. Der Unterschied besteht blos darin, dass er nicht frei beweglich, sondern an seinen beiden Flächen mit den Wirbelkörpern verwachsen ist. Ausserdem wird ein Blick auf Taf. III, Fig. 2 in dem Werke des Herrn Prof. Luschka genügen, um die, eine continuirliche Fortsetzung der Beinhaut bildende Gelenkkapsel sogleich von dem keilförmigen Durchschnitt des *Annulus fibrosus* (*b*) zu unterscheiden und eine Vergleichung dieser Figur mit Fig. 2 meiner Abhandlung wird die Identität von Meniscus und *Annulus fibrosus* klar machen.

Was den *Nucleus pulposus* betrifft, so hat Herr Prof. Luschka in dem erwähnten Werke, so wie in zwei frühern Aufsätzen (Virchow's Archiv für pathologische Anatomie, Bd. IX, und in Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin, Bd. VII) denselben dargestellt als ein Convolut von Synovialzotten, die sowohl dem inneren Rande des *Annulus fibrosus* als der freien Fläche der Knorpelplatten der Wirbelkörper entspringen.

Diese Anschauung muss man allerdings vom *Nucleus pulposus* gewinnen, so lange man das *Ligamentum suspensorium* der Vögel und die Reihe der Übergangsstufen desselben zum *Nucleus pulposus*, wie sie die Wirbelsäule des Lämmergeiers in der vollkommensten Weise zeigt, nicht kennt. Hat man aber dies einmal gesehen, so ergibt sich für den *Nucleus pulposus*, dass er eine die beiden Wirbelkörper verbindende Substanzbrücke ist, die da,

wo es zur Bildung einer vollkommenen Gelenkhöhle kommt, zu einem *Ligamentum suspensorium* wird, oder im andern Falle durch allmählige Verflüssigung soweit ihres Gesammtzusammenhanges beraubt wird, dass sie sich als ein Convolut von Synovialfortsätzen darstellen lässt. Dass diese Substanzbrücke nicht blos mit den beiden Knorpelflächen der Wirbelkörper in Continuität bleibt, sondern auch mit dem Innenrande des *Annulus fibrosus*, ist einfach der Ausdruck der Verbindung, die, wie ich zeigte, das Ligamentum der Vögel mit dem Meniscus in allen Fällen eingeht, wo er nicht reducirt ist. Und wenn man berücksichtigt, was ich beim Lämmergeier erwähnte, nämlich dass die organische Verbindung des *Ligamentum suspensorium* mit dem Meniscus in dem Maasse an Ausdehnung gewinnt, als der Meniscus in die Bildung eines *Annulus fibrosus* übergeht, so wird man begreiflich finden, warum beim Säugethier diese Verwachsung sich auf den ganzen Umkreis des *Nucleus pulposus* erstreckt, weil nämlich auch der Meniscus in seiner ganzen Peripherie zum *Annulus fibrosus* wurde. Der *Nucleus pulposus*, so wie das *Ligamentum suspensorium* ist also für das Wirbelkörpergelenk dasselbe, was das *Ligamentum teres* für das Hüftgelenk, die *Ligamenta cruciata* für das Kniegelenk und die *Ligamenta interarticularia* derjenigen Rippen, welche mit zwei Wirbelkörpern zugleich articuliren.

Was nun die Entwicklungsgeschichte des *Nucleus pulposus* betrifft, so sagt Herr Prof. Luschka, dass er wenigstens theilweise das Resultat einer Prolification der Chordalzellen sei, und spricht sich demgemäss pag. 27 seiner Abhandlung dahin aus, „dass überall im „Wirbelthierreich die Formbestandtheile der *Chorda dorsalis* einen „wesentlichen Antheil an der Gestaltung der Wirbelverbindungen „nehmen, und dass es ganz und gar irrthümlich ist, wenn man die „Meinung hegt, die Chorda schwinde bei den höheren Wirbelthieren „schon im embryonalen Leben bedeutungslos.“

Diese Ansicht steht in Dissonanz mit dem, was ich für die Vögel angab und was bei diesen nach den von mir gemachten Beobachtungen wohl nicht mehr zweifelhaft sein kann, namentlich wenn man noch das hinzunimmt, was Rathke über die Entwicklung des *Ligamentum suspensorium* des Epistropheus sagte. Allein diese Dissonanz löst sich in die schönste Harmonie auf, wenn man Fig. 2 auf Taf. III des erwähnten Werkes genauer betrachtet. Man erkennt

nämlich, besonders deutlich an der Verbindung zwischen dem 11. und 12. Brustwirbel die Anlagen des *Annulus fibrosus* (*b*) an ihrer dunklen Schattirung, ihren senkrecht stehenden Zellen und ihrer keilförmigen Gestalt. Zwischen ihrem innern Ende und der Gruppe von Chordalzellen (*c*) liegt nun jederseits eine zellenhaltige Substanzbrücke, die beide Wirbelkörper verbindet und sehr deutlich von dem *Annulus fibrosus* abgegrenzt ist. Diese Substanzbrücke hat Herr Prof. Luschka übersehen, d. h. sie zu dem *Annulus fibrosus* gerechnet, allein dass dies nicht statthaft ist, geht aus dem Verhalten der Vögel hervor, und schon in der Abbildung bei Hrn. Prof. Luschka springt die Differenz im optischen Verhalten der Zellenrichtung und Form in die Augen. Es ist vielmehr einleuchtend, dass diese Substanzbrücke die Anlage des *Nucleus pulposus* ist, ganz so wie auch das *Ligamentum suspensorium* aus einer beide Wirbelkörper in ihrem Centrum verbindenden Substanzbrücke entsteht. Ausserdem ist auch das Verhalten der *Chorda dorsalis* bei Vögeln und Säugethieren ganz gleich: man findet nämlich zu einer gewissen Zeit der Entwicklung im Centrum der Substanzbrücke noch einen Haufen Chordalzellen. Dieser Befund hat Hrn. Prof. Luschka zu dem Ausspruch über die Fortexistenz der *Chorda dorsalis*, den ich oben anführte, veranlasst. Die Beobachtung des Herrn Prof. Luschka beweist aber blos, dass zu einer gewissen Zeit des Embryonallebens (10. Woche) ein Haufen Chordalzellen im Centrum der Anlage des *Nucleus pulposus* liegt; ob dieser sich fortentwickelt oder zu Grunde geht, erhellt daraus noch nicht. Für die erstere Ansicht führt nun Hr. Prof. Luschka das Vorkommen von Zellen im *Nucleus pulposus* des Erwachsenen an, die den Chordalzellen ähnlich sein sollen. Er bildete sie in Fig. 3, 4, 5, 8 und 9 auf Taf. III seines Werkes ab. Vergleicht man aber diese Zellen mit den Chordalzellen, wie sie Herr Prof. Luschka in Fig. 1 der Taf. III abbildet, so findet man keine grössere Ähnlichkeit als die, welche überhaupt zwischen Zellen besteht. Auch ist gar keine Nothwendigkeit vorhanden, die Zellen des *Nucleus pulposus* abzuleiten von den Chordalzellen; denn in der Substanzbrücke auf Fig. 2 sehen wir Zellen genug, die eben so gut, ja wie wir sehen werden, noch weit eher die Ahnen der Knorpelzellen des *Nucleus pulposus* des Erwachsenen sein können. Sucht man nämlich mit Zugrundelegung der Fig. 2 des Hrn. Prof. Luschka die Zahl aller in der Anlage des *Nucleus*

pulposus vorhandenen Zellen zu bestimmen, so findet man als Gesammtsumme die Zahl 1428: darunter sind aber blos 60 Chordalzellen, also ist die Summe der Chordalzellen blos der 23. Theil aller in dem *Nucleus pulposus* eines 10wöchentlichen Menschenembryo's befindlichen Zellen, und die Wahrscheinlichkeit, dass die Zellen des *Nucleus pulposus* die Nachkömmlinge der Zellen der Substanzbrücke sind, verhält sich zu der Wahrscheinlichkeit der Deutung des Hrn. Prof. Luschka *ceteris paribus* wie 23 : 1. Bei den Chordalzellen eine grössere Vermehrungsfähigkeit vorauszusetzen, dürfte blos den Werth einer Vermuthung haben. Ja man kann im Gegentheil gerade den Chordalzellen eine geringere Fortpflanzungsfähigkeit gegenüber den übrigen Embryonalzellen vindiciren. Denn, wenn man annimmt, dass zwischen allen Wirbelkörpern bei einem 10wöchentlichen Fötus eben so viel Chordalzellen liegen wie zwischen dem 11. und 12. Brustwirbel, so bekommt man als Gesammtsumme aller Chordalzellen c. 2000, eine Summe, die auf ein Minimum von Vermehrungsfähigkeit schliessen lässt. Denn die Summe der Chordalzellen, die besteht, so lange die *Chorda dorsalis* noch ein continuirlicher Strang ist, dürfte zum mindesten nicht viel geringer angeschlagen werden, ja, nach der Fig. 1 zu schliessen, eher weit grösser sein. Ich will zwar nicht in Abrede stellen, dass möglicher Weise ein Theil der Zellen des *Nucleus pulposus* die Nachkommenschaft der Chordalzellen bildet, allein beweisen wird sich dies wohl kaum lassen, und auch bei der sehr unwahrscheinlichen Annahme gleicher Vermehrungsfähigkeit könnte höchstens der 23. Theil davon Anspruch auf eine derlei Abstammung machen.

Die vergleichend anatomischen Thatsachen über die *Chorda dorsalis*, die Herr Prof. Luschka für sich anführt, werden schon dadurch paralysirt, dass nach mir bei den Vögeln und, wie Rathke wahrscheinlich macht, auch schon bei den Cheloniern und Ophidiern die Chorda verschwindet, und alle Angaben von höheren Thieren (ich habe die meisten derselben schon früher citirt) sind so unbestimmt, dass man kein Vertrauen zu ihnen haben kann. Dass die Chorda bei Fischen und auch noch bei niedern Amphibien (Proteiden und, wie Herr Prof. Hyrtl die Güte hatte mir mitzutheilen, auch bei den Coecilien) fortexistirt, ist sicher, allein schon bei *Rana arborea* sagt Dutrochet *(Observ. sur l'ostéogénie)* blos: „*les portions „de ce tube* (er meint die Chordalscheide), *qui correspondent aux*

„*intervalles de ces os deviennent, à ce que je pense, les liga-*
„*mens fibreux, qui les unissent.*“ Man hat es also hier blos mit der so häufigen Thatsache zu thun, dass embryonale Gebilde oder Zustände höherer Wirbelthiere bei niederen fortexistiren, und es handelt sich hier blos noch um die genaue Feststellung der Grenze. Über diese lässt sich blos so viel mit Bestimmtheit sagen, dass sie im Bereiche der Reptilien liegen muss.

Nach dem, was ich in meiner Abhandlung und in dem Nachtrag bisher gesagt habe, muss auch die vergleichend-anatomische Bemerkung des Hrn. Prof. Luschka auf Seite 59 modificirt werden. Er sagt nämlich dort folgendermaassen:

„Wie schon oben angemerkt worden ist, findet die zur Erzeu-
„gung einer Höhle stattfindende Schmelzung der Gallertmasse in
„den Zwischenwirbelscheiben der Neugeborenen ihr Analogon in
„der zur Bildung der Wirbelkörpergelenke der Vögel und Amphibien
„direct eintretenden Verflüssigung der Zellen der *Chorda dorsalis*,
„eine Verflüssigung, welche regelmässig auch die *Chorda dorsalis*-
„Zellen der Plagiostomen betrifft.“

Die Bildung der Gelenkhöhle bei den Plagiostomen dürfte allerdings wohl zweifellos durch Schmelzung der Chordalzellen entstehen. Allein die Gelenkhöhle der Vögel und wohl auch der höheren Reptilien entsteht dadurch, dass die *Fibrocartilago intervertebralis* (wie ich generell *Annulus fibrosus* und *Meniscus* nenne) sich von beiden Wirbelflächen und von der centralen Substanzbrücke lostrennt. Dies beweist Fig. 1 u. 2. in meiner Abhandlung, wo die Gelenkhöhle schon gebildet ist und trotzdem die *Chorda dorsalis* als continuirlicher Strang durch das Centrum der Anlage des *Ligamentum suspensorium* hindurchzieht. Die Bildung der Gelenkhöhle bei dem Menschen kommt durch partielle Verflüssigung der centralen Substanzbrücke zu Stande. Wenn sie weniger weit geht, so bildet sie einen compacteren *Nucleus pulposus*, wenn sie weiter voranschreitet, ein Convolut von Synovialzotten, ja sie kann nach Hrn. Prof. Luschka's Angabe auch diese auf ein Minimum reduciren.

Daraus möchte ich, obwohl ich keine eigenen Untersuchungen darüber gemacht habe, einen Schluss auf die Entwicklung der Synovialzotten überhaupt wagen. Sie dürften vielleicht der der Verflüssigung entgangene Rest *(sit venia verbi)* der Substanzmasse sein, welche bekanntlich vor der Bildung der Gelenkhöhle die

Continuität der Knochenenden herstellte. Doch will ich diesem Ausspruch keinen höhern Werth als den einer zu Untersuchungen auffordernden Vermuthung beilegen.

Dass Herr Prof. Luschka bei seinen trefflichen Untersuchungen nicht zu denselben Schlüssen kam wie ich, liegt in der Natur der seiner Untersuchung dienenden Objecte. An den Säugethieren allein lässt sich eine richtige Deutung des Sachverhaltes wohl nicht gewinnen. Das *Ligamentum suspensorium corporum vertebrarum* der Vögel, das Hrn. Prof. Luschka nicht bekannt sein konnte, da es vor mir niemand erwähnt, bildet den einzigen Schlüssel zum Verständniss des Wirbelkörpergelenkes, und blos mit diesem war es mir möglich, die wohl kaum mehr bezweifelbare Deutung zu geben.

Dass ich durch das Resultat meiner Untersuchungen genöthigt bin, Hrn. Prof. Luschka, an den als meinen früheren Lehrer mich Bande persönlicher Freundschaft und Dankbarkeit knüpfen, hier wissenschaftlich entgegenzutreten, wird wohl Herrn Prof. Luschka am wenigsten unangenehm berühren. Denn Niemand wird besser als er im Stande sein zu erkennen, dass blos die günstige Beschaffenheit meiner Objecte mich zu einer richtigeren Deutung geführt hat, und der Objectivität der Wissenschaft gegenüber müssen auch die intimsten persönlichen Beziehungen in den Hintergrund treten, da ohne die Wahrung der wissenschaftlichen Unabhängigkeit ein Fortschreiten der Wissenschaft nicht denkbar ist.

Gleichzeitig mit seinem Werke hatte Herr Prof. Luschka die Güte, mir den Separatabdruck einer Abhandlung von H. Müller „über das Vorkommen von Resten der *Chorda dorsalis* beim Menschen nach der Geburt“ aus Henle und Pfeufer's Zeitschrift zuzuschicken. Diese beweist blos, dass in den Endabschnitten der Wirbelsäule die *Chorda dorsalis* sich noch länger forterhält als in der mittleren Partie, und dass die *Chorda dorsalis* als Gallertgeschwulst des Clivus abnormer Weise fortbestehen kann, wie dies bei allen embryonalen Gebilden und Zuständen bekanntermaassen möglich ist.

Ich glaube somit, dass ich durch die Entdeckung des *Ligamentum suspensorium* nicht blos die Anatomie der Vögel um eine Thatsache bereichert, sondern dadurch auch eine richtige Deutung der Wirbelkörpergelenke aller höheren Wirbelthiere und des Menschen möglich gemacht und ausgeführt habe.

Jäger. Das Wirt

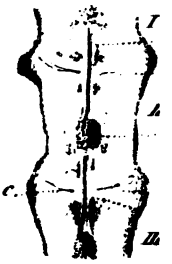


Fig. 1.

Fig. 5.

Fig. 9.

del

Fig. 11) Senkrechter Durchschnitt durch Hinterhaupt, Atlas und *Epistropheus* bei einem halbjährigen Truthahn. I. Hinterhaupt, II. Atlas, III. *Epistropheus.*

a Zahnstück des *Epistropheus*, *b* Körperstück des *Epistropheus*, *c* unterer Dornfortsatz zwischen *a* und *b*; *a* und *c* sind noch markhaltig, *b* lufthaltig, bei *d* sieht man die noch knorpelige Trennungslinie zwischen *a* einerseits und *b* und *c* anderseits. Die Trennungslinie zwischen *c* und *b* ist bereits verknöchert und man erkennt ihre Richtung blos noch an einem Streifen compacter Knochensubstanz, der die markhaltigen Hohlräume von *c* trennt von den lufthaltigen des eigentlichen *Epistropheus*-Körpers.

Fig. 12) Normaler Atlas des Seeadlers, von oben gesehen.

Fig. 13) Normaler *Epistropheus* desselben Vogels, von oben gesehen.

Fig. 14) Derselbe *Epistropheus*, von der Seite gesehen.

Fig. 15) Abnormer Atlas eines Seeadlers von oben.

Fig. 16) *Epistropheus* desselben Vogels, von oben.

Fig. 17) Derselbe von der Seite.

Vorgelegte Druckschriften.

Nr. 28.

Academy of natural Sciences of Philadelphia, Journal. New Series. Vol. III, part 4. Philadelphia, 1858; 4°.

— Proceedings, vol. VIII, 1856; 8°.

Annalen der Chemie und Pharmacie. Herausgegeben von Friedr. Wöhler, Just. Liebig und Herm. Kopp. Neue Reihe, Band XXXII, Heft 1. 8°.

Bineau, A., Etudes chimiques sur les eaux pluviales et sur l'atmosphère de Lyon. 1858; 8°.

— Résumé des données ozométriques. 1858; 8°.

— Etudes sur les dissolutions des carbonates terreux et des principaux oxydes métalliques. Lyon, 1854.

Cosmos, VIIe année, 23 livr.

Cremona, Luigi, Sulle linee del terz' ordine a doppia curvatura. Roma, 1858; 4°.

— Intorno ad un teorema di Abel. Roma, 1858; 8°.

Gazette médicale d'Orient. IIième année, Nr. 8.

Gillis, J. M., Observations to determine the solar Parallax. The U. S. Naval-Astronomical expedition to the southern Hemisphere, during the year 1849—52. Washington, 1856; 4°.

Kolenati, Prof., Fauna des Altvaters. Brünn, 1859; 8°.

Kořiska, C., Studien über die Methoden und die Benützung hypsometrischer Arbeiten, nachgewiesen an den Niveauverhältnissen der Umgebungen von Prag. Gotha, 1858; 4°.

Leidy, J., Notice of remains of extinct Vertebrata from the valley of the Niobrara River. Philadelphia, 1858; 8°.

Message from the President of the U. S. communicating the fourth meteorological report of Prof. J. P. Espy. Washington, 1857; 4°.

Miller, H., The Testimony of the Rocks etc. Philadelphia, 1857; 8°.

Ohio Agricultur Report for the year 1856. Columbus, 1857; 8°.

Radcliffe Observatory, Oxford, Astronomical and meteorological Observations in the year 1856. Vol. XVII. 1858; 8°.

Ragona, Dom., Giornale astronomico e meteorologico del R. Osservatorio di Palermo. Vol. I, II. 1857; 4°.

— Lezioni, memorie ed articoli intorno a varii argomenti di Astronomia sferica e teorica. Vol. I. fasc. 1. Palermo, 1857; 8°.

— Rivista meteorologica del 1857; 8°.

— Sulla terza cometa del 1854. 1857; 4°.

— Su taluni nuovi fenomeni di colorazione soggettiva. Nota. Palermo, 1858; 4°.

— Sulle vicende meteorologiche di Dicembre 1857 e Gennaro 1858 in Palermo. Nota. Fol.

Ram, P. F. X. de, Discours après le service funèbre pour le repos de Jean Henri van Oyen. Louvain, 1858; 8°.

Report of the Superintendent of the U. S. Coast Survey for 1856; Washington, 1856; 4°.

Tydschrift voor Indische Taal- Land - en Volkenkunde. Deel III, aflevering 1 — 6. Batavia, 1857; 8°.

Transactions of the Michigan State Agricultural Society, 1856. Vol. VIII, Lansing, 1857; 8°.

Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap von Kunsten en Wetenschappen. Deel XXVI. Batavia, 1854 — 57; 4°.

Wiener medicinische Wochenschrift, VIII. Jahrgang, Nr. 49, 50.

Zeitschrift des österr. Ingenieurvereines, X. Jahrgang, 9. und 10. Heft, 1858.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

XXXIII. BAND.

SITZUNG VOM 16. DECEMBER 1858.

N.° 29.

SITZUNG VOM 16. DECEMBER 1858.

Eingesendete Abhandlungen.

Über das Vorkommen des Quercitrin als Blüthenfarbestoff.

Von dem w. M. Dr. Friedrich Rochleder.

Ein Stoff gewinnt um so mehr an Interesse, je weiter verbreitet er in der Natur vorkommt. Das Quercitrin, welches Chevreul in der Rinde und dem Splinte von *Quercus tinctoria* entdeckte, dessen Reindarstellung Bolley lehrte und dessen Natur von Rigaud erkannt wurde, ist nicht nur in der genannten nordamerikanischen Eiche, sondern auch in einigen andern Pflanzen enthalten. Ich und Professor Hlasiwetz fanden in den Blüthenknospen von *Capparis spinosa* und Stein in den sogenannten chinesischen Gelbbeeren, die nach von Martius die unentwickelten Blüthenknospen von *Sophora japonica* sind, das von Weiss und gleichzeitig von Kümmel in den Blättern von *Ruta graveolens* entdeckte, von Bornträger genauer untersuchte Rutin oder die Rutinsäure. Später hat Hlasiwetz die Identität des Rutin mit dem Quercitrin nachgewiesen.

Wir haben demnach in *Quercus tinctoria* (Rinde und Splint), in Ruta *graveolens* (Blätter), *Capparis spinosa* (Blüthenknospen) und *Sophora japonica* (unentwickelte Blüthenknospen) das Quercitrin als gemeinschaftlichen Bestandtheil.

Diesen vier Pflanzen kann ich eine fünfte hinzufügen, die Rosskastanie *(Aesculus Hippocastanum)*.

Die völlig entwickelten Blätter dieses Baumes enthalten eine, wenn auch nicht bedeutende Menge von Quercitrin. In der Rinde des Stammes und der Zweige, in den Teguminibus der Knospen, in

den noch in der Knospe eingeschlossenen, unentwickelten Blättern konnte ich kein Quercitrin nachweisen. Die im Herbst gelb gewordenen und abgefallenen Blätter liess ich durch Herrn Norbert Duras auf Quercitrin untersuchen. Er fand darin nur Spuren dieses Körpers, nicht ganz einen halben Gramm auf mehrere grosse Körbe des Materiales.

In den reifen Samen gibt Fremy Saponin, einen krystallisirten Bitterstoff und einen gelben Farbstoff als Bestandtheile an. Der gelbe Farbstoff, der schwierig von der überwiegenden Menge anderer Bestandtheile zu trennen ist, ist Quercitrin. Ich habe daraus reines Quercetin dargestellt.

Werden die Cotyledonen der reifen Samen in dünne Scheiben zerschnitten, mit Weingeist von 35 Grad B. übergossen und in einem verschlossenen Gefässe 8 bis 10 Tage stehen gelassen, so erhält man eine goldgelbe Tinctur, die ihre Farbe dem Quercitrin verdankt, dem einzigen gefärbten Bestandtheile der Cotyledonen, die nach dem Ausziehen blendend weiss erscheinen. In den Samenlappen ist ausser dem Quercitrin kein einziger der besonderen Bestandtheile der Rinde, Blätter u. s. w. der Pflanze enthalten, sie müssen also alle beim Keimungsprocesse erst aus den Bestandtheilen des Samens herausgebildet werden.

Bekanntlich sind die Blüthen der Rosskastanie, wenn sie sich entfalten, farblos mit einem gelben Mackel. Die gelbe Farbe geht nach 24 Stunden in eine rothe über. Alle abgefallenen Blüthen haben rothe Mackel. Da stets von zwei unmittelbar neben einander am Thyrsus stehenden Blüthen die eine um einen Tag später sich entfaltet als die andere, so sehen wir immer eine Blüthe mit gelbem Mackel neben einer mit rothem stehen. 174 Pfund abgefallene Blüthen wurden mit Weingeist von 35 Grad B. ausgekocht, das Decoct durch Leinwand filtrirt, dann durch Papier und zum Erkalten hingestellt. Es schieden sich Krystalle eines Wachses aus, die auf einem Filter gesammelt wurden. Das Filtrat wurde der Destillation im Wasserbade unterworfen, um den grössten Theil des Weingeistes wieder zu gewinnen. Der mit etwas Wasser vermischte Destillationsrückstand schied sich in zwei Schichten, eine untere, die eine Masse von grünlich-braunem Harz darstellte, und eine obere, röthlich gefärbte, die sich leicht von dem Harze trennen liess. Sie gibt mit Bleizuckerlösung einen gelben zum grössten Theil in Essigsäure löslichen

Niederschlag. Das nicht in Essigsäure Lösliche enthält etwas von den Harzen, die nicht ganz unlöslich in der in Rede stehenden Flüssigkeit sind. Die essigsaure Lösung, die von den unlöslichen Harzverbindungen mit Bleioxyd abfiltrirt wurde, so wie die Flüssigkeit, welche von dem Niederschlage abfiltrirt worden war, den neutrales essigsaures Bleioxyd in der ursprünglichen Flüssigkeit erzeugt hatte, wurden durch Bleiessig schön chromgelb gefällt. Diese beiden Niederschläge enthalten noch eine kleine Menge von Harzbleiverbindungen und ein Minimum eines Pektinkörpers, dagegen ziemlich viel Quercitrin und etwas Quercetin. Ich habe aus der obigen Menge von Blüthen gegen ein Loth reines Quercetin dargestellt.

Das Quercitrin und Quercetin treten, wie sich hieraus ergibt, als Blüthenfarbstoffe auf. Bei der gänzlichen Unwissenheit über die Blüthenfarbstoffe, in der wir uns noch befinden — denn ausser ein paar Analysen des Carthamin ist die Zusammensetzung keines einzigen zu ermitteln, auch nur versucht worden —, hat dieses Vorkommen des Quercitrin und Quercetin, wie ich glaube, einiges Interesse.

Das Quercitrin wird in den Blättern gebildet, nachdem sie aus den Knospen hervorgebrochen sind, während das Äsculin daraus verschwindet, welches aus der Rinde in die Tegmina der Knospen und aus diesen, bei der Entfaltung in die jungen Blätter übergeht, wo es das Material zur Bildung des Quercitrin abgibt. Das Quercitrin der Blätter wird zum Theil zum Bestandtheil der Samenlappen, zum Theil aber wird es mit den abfallenden Blüthen entfernt. Es verhält sich mit dem Quercitrin ähnlich wie mit dem Pinipikrin, das Kawalier in der Rinde von *Pinus sylvestris* auffand, und das in der Rinde der Rosskastanie gleichfalls enthalten ist. Kawalier hat gezeigt, dass diese Substanz in Zucker und ein ätherisches Öl aus der Gruppe der Camphene sich spaltet, welches sich mit der grössten Leichtigkeit verharzt. Ein Theil dieses Harzes erscheint auf den Tegminibus der Knospen ausgeschwitzt. Der Rest fällt mit den Blüthen hinweg.

Zur Darstellung des Quercitrin oder Quercetin bleibt bis jetzt Quercitronrinde das beste Material. Ich will hier noch die Methode beschreiben, nach welcher ich durch Herrn Tonner im hiesigen Laboratorium das Quercitrin und Quercetin darstellen liess, da die Unkosten dieser Methode geringer sind als die des Verfahrens, welches Bolley angegeben hat.

Die Rinde wurde in einem Kessel mit so viel Wasser übergossen, dass es das Material einige Linien hoch bedeckte. Das Wasser wird zum Sieden erhitzt und die kochende Lösung durch Leinwand colirt, der Rückstand ausgepresst. Das Decoct wird zum Erkalten hingestellt. Die einmal ausgekochte Rinde wird mit der gleichen Menge Wasser noch einmal ausgekocht. Das erste Decoct setzt eine nicht unbedeutende Menge von unreinem Quercitrin ab. Das zweite Decoct dagegen setzt wenig oder nichts mehr ab. Man sammelt das Quercitrin auf einem Filter von feiner Leinwand und lässt abtropfen. Das Filtrat wird mit Salzsäure versetzt, wodurch ein rehfarber Niederschlag in voluminösen Flocken entsteht, die sich bald unter Verminderung seines Volumens zu Boden setzten. Man entfernt durch Filtriren den Niederschlag und erhitzt dies Quercitrin haltende Filtrat unter stetem Umrühren im Wasserbade, so lange sich die Menge des sich abscheidenden Quercetin noch vermehrt und filtrirt heiss durch Papier. Auf dem Filter bleibt Quercetin. Was sich später noch aus dem Filtrat absetzt ist sehr wenig und sehr unrein, so dass es am besten weggeworfen wird.

Das unreine Quercitrin, so wie das unreine Quercetin wurden nun gereinigt durch Zerreiben mit wenig Weingeist von 35 Grad B. und Erhitzen des Breies im Wasserbade. Die erhitzte Masse wird auf Leinwandfilter gebracht und nach dem Abtropfen der Flüssigkeit ausgepresst. Eine kleine Menge von Quercetin oder Quercitrin und viel von Unreinigkeiten gehen in den Weingeist über. Die ausgekochte Masse wird in siedendem Weingeist gelöst, die Lösung heiss filtrirt und derselben so lange siedendes Wasser zugesetzt bis eine deutliche Trübung sich zeigt. Nach dem Abkühlen um einige Grade hat sich die Hauptmasse des Farbestoffes abgeschieden. Man sammelt auf Leinwandfiltern denselben und presst ihn aus. Durch nochmalige Wiederholung des Verfahrens ist er beinahe vollkommen rein. Den Weingeist, welcher verbraucht wurde, erhält man durch Abdestilliren der Mutterlaugen im Wasserbade grösstentheils wieder. Auf diese nicht sehr kostspielige Weise wurden aus einem Centner der Rinde Quantitäten von Quercitrin und Quercetin erhalten, die es möglich machen, diesen Stoff näher zu untersuchen.

Über Verbindungen der Erdmetalle mit organischen Radicalen.

Von W. Hallwachs und A. Schafařik.

Der eine von uns hat nachgewiesen, dass die bisher angenommene Homologie des Vanadins mit Molybdän und Scheel in den Atomvolumen des Vanads und seiner Verbindungen keine Bestätigung findet; wohl aber fanden sich Andeutungen, die es als möglich erscheinen lassen, dass das Vanad zum Tellur in einem ähnlichen Verhältnisse stehe wie das Arsen zum Brom (nach Dumas' scharfsinniger Parallele der Arsenreihe mit der Reihe der Halogene). Um eine Stütze für diese Ansicht zu gewinnen, schien es vor allem nöthig, das Verhalten des Metalles gegen Jodäthyl zu studiren, und es ist natürlich, dass dabei der Gedanke entstand, noch andere leichte Metalle in dieser Richtung zu behandeln. Die beiden Genannten haben sich zu dieser Arbeit verbunden und geben hier eine vorläufige Anzeige von den ersten höchst interessanten Resultaten derselben, da bei den grossen experimentalen Schwierigkeiten, die hier zu überwinden sind, die genaueren Details nur langsam vorrücken können.

Metallisches Magnesium, grob zerkleinert und mit seinem gleichen Volumen vollkommen entwässerten Jodäthyl in eine starke Glasröhre eingeschmolzen, greift schon bei gewöhnlicher Temperatur das Jodäthyl an und setzt Jodmagnesium ab; bei $+100°$ geht die Zersetzung ziemlich schnell vor sich; bei $+150°$ bis $+180°$ sind 5 Gramme Jodäthyl in einem Tage zersetzt; das Magnesium ist in eine weisse Masse verwandelt, die Flüssigkeit verschwunden. Beim Öffnen der Röhre entweicht mit Heftigkeit Gas und die weisse Masse liefert erhitzt ein farbloses flüchtiges Liquidum, welches penetrant zwiebelartig riecht, bei der kleinsten Spur hinzutretender Luft weisse Wolken von Magnesia absetzt und an der Luft erwärmt dichte weisse Dämpfe verbreitet, aber sich nicht von selbst entzündet. Es besteht wahrscheinlich aus freien Kohlenwasserstoffen mit Spuren von Äthylmagnesium; die Hauptmenge des letzteren ist

offenbar in der weissen Masse mit Jodmagnesium verbunden; denn diese behält auch noch nach anhaltendem und starkem Erhitzen die Eigenschaft Wasser mit explosionsartiger Heftigkeit zu zersetzen, wobei bedeutende Erhitzung eintritt und ein penetrant riechendes Gas entwickelt wird.

Fein zerschnittenes Aluminiumblech mit seinem doppelten Volumen Jodäthyl eingeschmolzen greift letzteres erst über +100° an; bei +180° geht die Zersetzung sehr rasch; in zwei Tagen sind 5 Gramme Jodäthyl zersetzt und in ein dickes syrupähnliches Liquidum verwandelt, trübe durch einen grauen Schlamm (Silicium- und Eisengehalt des käuflichen Aluminiums). Beim Öffnen entweicht wenig Gas, aber jeder Tropfen des Liquidums verbrennt an der Luft mit prachtvoller Feuererscheinung und unter Bildung weisser, brauner und violeter Dämpfe: zugleich fliegen lockere Flocken von Thonerde-Pompholix herum. Der Röhreninhalt, im Kohlensäurestrome abdestillirt, lässt ein schweres farbloses Öl von ungemein hohem Siedepunkte übergehen, welches wahrscheinlich Äthylaluminium ist und ebenfalls Wasser auf das heftigste zersetzt. Es ist leicht einzusehen, dass auch, wenn kein Aluminiumjodür (AlJ) gebildet wird, das Äthylaluminium doch eben so gut Al_2Aet_3 als Al-Aet (oder vielmehr Al_2Aet_2) sein kann.

Pulverförmiges Vanadin (aus VCl_3 durch Wasserstoff reducirt) greift Jodäthyl bei +180° nur langsam an und liefert ein tiefrothes Liquidum, dessen nähere Untersuchung bis jetzt am Mangel des Materials scheiterte. Es ist von entscheidender Wichtigkeit, ob hier AetVJ (analog Telluräthyljodür AetTeJ) oder Aet_3VJ (analog Riche's Met_3WJ) entsteht.

Phosphor, Selen (beide amorph) und Tellur greifen das Jodäthyl leicht und rasch an, liefern auch wohl nur die schon bekannten Verbindungen; Bor und Silicium haben dagegen noch keine bestimmten Resultate gegeben, wiewohl nicht zu zweifeln ist, dass auch hier entsprechende Verbindungen existiren. Ebenso gedenken wir noch Beryllium und Zirkonium in den Kreis unserer Untersuchungen zu ziehen.

War es zwar auch nach den Entdeckungen der letzten Jahre (wir erinnern nur an Stannäthyl und Plumbäthyl) höchst wahrscheinlich geworden, dass alle Elemente in Verbindung mit organischen Radicalen darstellbar seien, so ist es doch überraschend, die Metalle

der sonst so trägen und feuerfesten Erden durch Äthyl in volatile, brennbare, ja selbstentzündliche Liquida verwandelt zu sehen, deren Atomvolumina und Dampfdichten gewiss zu weiteren Aufschlüssen über die bis jetzt so räthselhafte moleculare Natur der anderthalbatomigen Radicale führen werden; und gerade darum erscheint es unbedingt nöthig, neben Aluminium auch Beryllium, Zirkonium, Eisen und Chrom zu untersuchen. Zwar wissen wir durch Frankland, dass Eisen das Jodäthyl auch bei $+200^{\circ}$ nicht angreift, und für Chrom ist nach Analogie dasselbe zu erwarten: aber Cahour's und Hofmann's Meisterarbeit über die Phosphorbasen hat uns im Zinkäthyl ein Mittel von vielleicht unbeschränkter Anwendbarkeit kennen gelehrt, dass diese Schwierigkeit verschwinden macht. Um die Wichtigkeit der hier zu erwartenden Resultate nur anzudeuten, genügt es darauf aufmerksam zu machen, dass die Einwirkung des Zinkäthyls auf Uranylchlorür (U_2O_2Cl) einen äthylhaltigen Körper von der Formel C_2O_2Aet geben wird, dessen Eigenschaften die Controverse über die Uranylfrage entscheiden müssen. Ist das Uransesquioxyd in der That Uranyloxyd, so wird obige Verbindung als Verbindung zweier Radicale, als Uranyläthylür, indifferent sein (in dem Sinne wie Zinkäthyl); sind aber die drei Sauerstoffatome des Uranoxydes gleichartig (wenn auch nicht gleichwerthig) so wird die Verbindung U_2O_2Aet als Base auftreten. Ebenso wird die Einwirkung von Zinkäthyl auf Chlorchromsäure CrO_2Cl einen Körper CrO_2Aet geben, der indifferent ist, wenn die Chromsäure in der That die Constitution $\left.\begin{matrix}CrO_2\\CrO_2\end{matrix}\right\}O_2$ hat, sauer dagegen, eine wahre äthylirte Chromsäure, wenn alle drei Sauerstoffatome der Chromsäure (sei es auch ungleichmässig) zu ihrer Acidität beitragen.

Es versteht sich aber von selbst, dass bei allen diesen Versuchen an der Stelle des Zinkäthyls das Aluminiumäthyl wegen seiner geringeren Flüchtigkeit und wegen seiner schärfer ausgesprochenen elektropositiven Eigenschaften mit dem grössten Vortheile wird angewandt werden können.

Vorträge.

Vorläufige Anzeige über gefässlose Herzen.

Von dem w. M. Regierungsrath Prof. Hyrtl.

Ich habe der kaiserlichen Akademie vorläufig Bericht zu erstatten über eine anatomische Entdeckung, deren Durchführung und Sicherstellung mich lange Zeit beschäftigte. Sie betrifft einen Gegenstand der mikroskopischen Injections-Anatomie, und liefert den Nachweis der Existenz gefässloser Herzen.

Durch das gewöhnliche Injectionsverfahren, die Füllung der Gefässe von der Aorta aus zu bewerkstelligen, erfährt man nichts über Verlauf und Verzweigung der Herzarterien. Ihre Ursprünge liegen bei warmblütigen Thieren und mehreren Amphibien unterhalb jener Stelle, wo die Injectionsröhre in der Aorta (oder in dem Anfangsstücke der arteriellen Gefässstämme der Reptilien) festgebunden wird. Bei den nackten Amphibien befinden sie sich zwar mehr weniger weit über ihr, aber da sie dicht auf der Wand des *Bulbus arteriosus* zum Herzen herabsteigen, fallen sie in die Ligatur, und zeigen nur ihren Anfang injicirt. Um über ihr Verhältniss zum Herzmuskel ins Klare zu kommen, muss die Injection nicht vom Herzen aus, sondern von einem grösseren arteriellen Gefässstamme gegen das Herz zu gemacht werden.

Die Klappen am *Ostium arteriosum* halten die centripetal injicirte Masse an dieser Stelle auf [1]), und gestatten ihr, die Herzgefässe bis

[1]) Wird der Injectionsdruck höher gesteigert, als es nöthig ist, so wird der Bulbus in dem Grade ausgedehnt, dass die aufgekrämpten freien Ränder der Klappen am *Ostium arteriosum* der Kammer nicht mehr in der bekannten Y Figur zusammenschliessen, sondern, geradlinig angespannt, eine dreieckige Öffnung zwischen sich entstehen lassen, durch welche die Injectionsmasse in die Herzkammer, und von dieser in die Vorkammern und in das Venensystem gelangt. Die Möglichkeit durch methodisch gesteigerten Druck die Klappen zu überwinden, findet auch bei der Injection der Lymphgefässe vom Stamme gegen die Äste eine sehr lehrreiche Anwendung, indem

in den Bezirk der Capillarien zu füllen, ja selbst aus letzteren durch die Venen zurückzukehren.

Injectionen dieser Art decken höchst merkwürdige und bisher ungeahnte Verhältnisse auf, welche herrschenden physiologischen Ansichten sich entgegenstellen und ihrer ausnahmslosen Wiederkehr bei bestimmten Familien, Ordnungen und Classen der Wirbelthiere wegen, nicht blos in systematischer, sondern auch in functioneller Beziehung bedeutsam sind, indem sie einen anderen als den bisher gedachten Vorgang bei der Herzernährung veranlassen.

Die beiden Classen warmblütiger Wirbeltbiere zeigen dieselbe capillare Verästelung ihrer Herzgefässe, wie sie im reichversorgten Muskelfleische überhaupt stattzufinden pflegt. Allein Fische und Amphibien weichen von dieser Norm in auffallendster Weise ab.

Ich bin im Stande folgende Sätze durch einen wahren Überfluss von Injectionsbeweisen als allgemein giltig und unumstösslich aufzustellen.

1. Das Herz der Urodelen, der Gymnophionen und der Batrachier, ist vollkommen gefässlos.

Jede vollkommen gelungene mikroskopische Injection der Herzarterien, welche durch die Capillargefässe in die Venen übertritt, lässt die Herzwände uninjicirt. Die in weiter Entfernung vom Herzen, jenseits des *Bulbus arteriosus* entspringende *Arteria cardiaca* [1]) gehört nur den Wänden des Bulbus, nicht zugleich jenen des Herzens an, und löst sich an der Oberfläche des ersteren in Capillarnetze auf, welche an der Grenze zwischen Bulbus und Herz sich mit geschlossenen Maschen absetzen, aus welchen keine Verlängerungen in die Herzwand übertreten. Mag man die Gegenprobe durch die Injection der sogenannten Herzvene von der Jacobson'-

---

man die feinsten Lymphgefässe auf diese Weise füllen, und das Vorhandensein von geschlossenen Netzen mit Eigenwandungen in den Darmzotten, in Membranen, im Bindegewebe unter den serösen Häuten, und in vielen Parenchymen nachweisen kann, wo sie von unberechtigter Seite geleugnet wurden. Hierüber bei späterer Gelegenheit mehr.

[1]) Sie entsteht bei den verschiedenen Familien der *Amphibia dipnoa* aus dem vordersten jener drei Äste, in welche sich der rechte primitive Spaltungsstamm des *Bulbus arteriosus* auflöst *(Arteria carotico-lingualis)*, oder aus dem Ende dieses Stammes selbst. Ich kenne kein Geschlecht der Doppelathmer, bei welchem die sogenannte *Arteria cardiaca* aus dem Bulbus entstände, wie es aller Orten heisst.

schen Bauchvene aus vornehmen, und die Masse von den Venen in die Arterien hinübertreiben, immer ist und bleibt das Herzfleisch der genannten Ordnungen vollkommen gefässlos, und hat man das gesammte Gefässsystem, Arterien, Venen und Capillargefässe, in allen seinen Bezirken durch Injection gefüllt, so sieht man auch von keiner anderen Seite her ernährende Gefässe zum Herzen und vom Herzen gehen.

Untersucht wurden von den Sirenoiden: *Proteus, Siren, Menobranchus;* — von den Amphiumiden: *Menopoma;* — von den Salamandern: *Triton, Pleurodeles, Salamandra, Pseudotriton;* — von den Aglossis: *Pipa* und *Dactylethra;* — von den Kröten: *Bufo* und *Docidophryne mex.;* — von den Fröschen die Gattungen: *Rana, Hyla, Pelobates, Bombinator, Cystignathus, Ceratophrys* und *Alytes;* — von den Gymnophionen: *Coecilia albiventris* Daud.

Fruchtloses Suchen nach Capillarien im zerfaserten Herzfleisch unter dem Mikroskop wird Jenen, welche mit der Injectionstechnik nicht vertraut sind, die Gewissheit der Existenz gefässloser Herzmuskeln verschaffen. Die Gefässlosigkeit des musculösen Herzens und die Bestimmung der *Arteria coronaria*, nur den Bulbus zu ernähren, stellt letztere in die Kategorie gewöhnlicher *Vasa vasorum*, und erklärt zugleich den jenseits des Bulbus fallenden Ursprung der Kranzarterie und ihre auffallende Schwäche.

2. Das Herz aller beschuppten Amphibien (Saurier, Chelonier und Ophidier) besitzt nur eine sehr dünne, gefässreiche Corticalschichte. Alle tiefliegenden Muskelstrata des Herzens sind durchaus gefässlos.

Auf die für die Batrachier angegebene Weise gelingen die Herzinjectionen der beschuppten Amphibien sehr leicht. Das Herz wird durch Füllung seiner reichlichen Capillargefässe an der Oberfläche über und über roth, und die Masse geht in die Venen über. Schneidet man ein so injicirtes Herz der Quere oder der Länge nach in Scheiben, so ist jede Scheibe von einem rothen injicirten Rande umsäumt, welcher an dem faustgrossen Herzen riesiger Chelonier höchstens eine Linie mächtig ist, während das gesammte übrige Fleisch dieser Herzscheiben eben so gefässlos ist wie das ganze Batrachierherz. Die Grenze zwischen gefässführendem und gefässlosem Herzfleisch ist sehr scharf gezeichnet, und läuft der äusseren Oberfläche des Herzens parallel. Untersucht wurden bisher von den

Schlangen: *Tropidonotus*, *Zacholus*, *Coluber*, *Xenodon*, *Vipera*, *Aspis*, *Crotalus*, *Naja*, *Psammophis*, *Dendrophis* und *Uropeltis*; — von den Schildkröten: *Testudo*, *Cynixis*, *Homopus*, *Chelonoidis* und *Geochelonia* Fitz.; — von den Sauriern: *Iguana*, *Lacerta*, *Pseudopus*, *Varanus* und *Uromastix*.

3. Die totale und partiale Gefässlosigkeit des Amphibienherzens hängt von dem Grade des cavernösen Baues der Herzwand ab.

Es wurde schon von älteren Schriftstellern über das Amphibienherz hervorgehoben, dass der Kammerraum desselben durch Verlängerungen, welche zwischen die Fleischbündel der Herzwand eindringen, ein multilocularer wird. Diese intraparietalen Fortsetzungen der Herzhöhle bilden ein Fachwerk, dessen Lücken den Hohlräumen eines cavernösen Baues gleichen und dem Herzblut gestatten, in die Muskelwand des Herzens bis zu einer gewissen Tiefe einzudringen und die Fleischbalken der Wand zu umspülen. Da nun durch das Amphibienherz gemischtes Blut strömt, so werden die Muskelbündel der Herzwand aus dem arteriellen Antheile dieses gemischten Blutes, welches sie tränkt, durch Imbibition jene Stoffe direct aufnehmen, welche sie zu ihrer Ernährung benöthigen, ohne dieselben erst aus Capillargefässen zu beziehen.

Nach Verschiedenheit der Tiefe, bis zu welcher die cavernösen Ausläufer der Herzhöhle in die Wand des Herzens eindringen, wird eine dickere oder dünnere Rindenschichte der Muskelsubstanz solid bleiben können. Bei den Batrachiern, Urodelen und Gymnophionen, dringt das cavernöse Fachwerk der Kammerwand durch die ganze Dicke der letzteren bis unter das viscerale Blatt des Pericardium vor, die gesammte Fleischmasse der Herzwand wird vom Herzblut getränkt und ernährt, wodurch ein Apparat von Capillargefässen am Herzen entbehrlich wird. Bei den beschuppten Amphibien dagegen reichen die Nebencavernen der Kammer nicht bis zum Pericardium hin; es findet sich eine, wenn auch sehr dünne, compacte corticale Muskelschichte, welche zu ihrer Ernährung Capillargefässe braucht, während das übrige Herzfleisch gleiche Ernährungsform mit dem Batrachierherzen hat.

Wenn nun die Bedingungen der vollkommenen oder theilweisen Gefässlosigkeit des Amphibienherzens nicht mehr dunkel sein können, so sind sie es doch bei der cursirenden Ansicht über die nutritiven

Eigenschaften des arteriellen und venösen Blutes, für die letzte Classe der Wirbelthiere, denn:

4. Das Fischherz verhält sich wie das Herz der beschuppten Amphibien.

Um die Gefässverhältnisse des Fischherzens zur Anschauung zu bringen, muss die Herzarterie, welche aus der zweiten oder dritten rechtseitigen Kiemenvene entspringt, gegen das Herz hin isolirt injicirt werden, wozu begreiflicher Weise nur die grössten Herzen zu verwenden sind.

Man findet den ungetheilten, aber immer sehr feinen Stamm der Herzarterie, gewöhnlich an der rechten Hälfte des Bulbus zum Herzen herablaufen, und kann ihn mit Röhrchen injiciren, welche die Galvanoplastik von extremster Feinheit zu bereiten lehrte. Eine durch die Venen zurückkehrende arterielle Injection zeigt nur die corticale Muskelschichte des Herzens mit Capillarien versehen; — alles Übrige ist gefässlos. Sämmtliche von mir untersuchte Donaufische verhalten sich in dieser Beziehung vollkommen gleich.

Wenn sich diese Einrichtung nur bei *Amphipnous* und *Monopterus* vorfände, so wäre sie verständlich, da der Amphibienkreislauf dieser beiden Gattungen, und ihr Herz als ein *Cor arterioso-venosum* vollkommen sichergestellt sind[1]). Allein das Herz aller übrigen Fische ist ein Venenherz, oder gilt wenigstens dafür, und man kann nicht umhin, bei der Allgemeinheit der erwähnten Herzeinrichtung zuzugeben, dass auch das venöse Blut Bestandtheile führe, welche die Ernährung der tieferen Herzschichten ermöglichen.

5. Die Ganoiden besitzen ein in allen Schichten gefässreiches Herz.

Die Ganoiden, welche in so vielen Beziehungen eine Ausnahmsstellung in der Fischwelt einnehmen, behaupten diese auch durch den auf alle Schichten des Herzens gleichmässig ausgedehnten Gefässreichthum. Ich konnte bisher nur eine Gattung dieser Ordnung untersuchen, welche bei uns immer frisch zu haben ist: *Acipenser*.

Bei *Acipenser huso* und *A. ruthenus* verlaufen in der Axe der grösseren Fleischbündel der Herzkammerwand nicht unansehnliche Zweige der *Arteria coronaria*, welche dieselben mit Capillargefäss-

[1]) Hyrtl, Über den Amphibienkreislauf von *Amphipnous* und *Monopterus*, im 14. Bande der Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften.

netzen versehen, welche jenen gleichen, die in der Rindenschichte des Herzens angetroffen werden. Die übrigen Ganoiden vorzunehmen, erwarte ich die Zusendung neuen ichthyologischen Materials, dessen Ankunft mir erlauben wird, eine Untersuchung abzuschliessen, über deren bisher erlangte Hauptergebnisse ich hiermit nur eine vorläufige Anzeige erstattet habe.

Nachschrift.

An einem so eben erhaltenen riesigen Exemplare von *Hexanchus griseus* zeigte die capillare Injection der *Arteriae coronariae* einen ähnlichen Gefässreichthum des gesammten Herzfleisches, wie bei den Ganoiden, und es steht zu erwarten, dass das Herz der Rochen und Chimaeren sich ebenso verhält, worüber ich in Bälde Gewissheit zu erhalten hoffe.

Die Änderungen der Krystallaxen des Aragonites durch die Wärme gerechnet aus Rudberg's Beobachtungen.

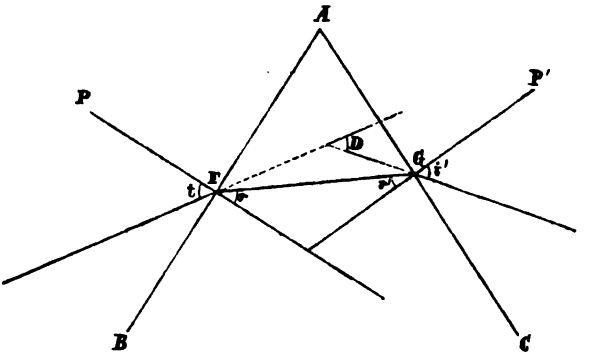
Von **Dr. Viktor v. Lang.**

1. Man verdankt Rudberg [1]) die genaue Kenntniss der optischen Constanten des Aragonites, welche er durch Prismen ermittelte, die parallel je einer Krystallaxe geschnitten waren. Derselbe [2]) bestimmte später mittelst dieser Prismen auch die Werthe der Brechungsquotienten für eine Temperatur-Erhöhung von 64° C. Aus den hiebei nöthigen Beobachtungen der Änderungen der brechenden Winkel liessen sich mit Leichtigkeit die Änderungen der Krystallaxen berechnen, falls nur die Orientirung der Prismenseiten gegen die Axen bekannt wäre. Diese Orientirung lässt sich aber aus den Werthen bestimmen, welche Rudberg für die Minimum-Ablenkung der ausserordentlichen Strahlen bei der gewöhnlichen Temperatur (16°—18° C.) fand. Die Zahlen, welche derselbe aus diesen Werthen nach der Minimum-Formel $n = \sin \frac{A+D}{2} : \sin \frac{A}{2}$ rechnet,

[1]) Pogg. XVII (1828), p. 1.
[2]) Pogg. XXVI (1832), p. 291.

haben zwar eigentlich keine Bedeutung, da diese Formel nur unter der Voraussetzung gilt, dass bei dem Minimum der Ablenkung die Wellennormale gleich geneigt gegen beide Prismenflächen sei, was für die ausserordentliche Welle im Allgemeinen nicht stattfindet. Trotzdem ist es aber möglich aus dem Ablenkungswinkel für die Minimumstellung, aus dem brechenden Winkel und aus den beiden Hauptbrechungsquotienten, zwischen denen der Brechungsquotient der ausserordentlichen Welle variirt, die Orientirung des Prisma's zu gewinnen.

Die hiezu nöthigen Formeln wurden schon von Sénarmont [1]) entwickelt. Zur Vervollständigung werde ich jedoch eine kurze Ableitung dieser Formeln für die Minimum-Ablenkung durch Prismen, welche einer optischen Elasticitätsaxe parallel sind, nebst einigen Bemerkungen über den Nutzen derselben vorausschicken.



2. Wir bezeichnen mit

A die Grösse der brechenden Kante, welche einer optischen Elasticitätsaxe parallel läuft;

i, i' die Winkel, welche die eintretende und austretende Wellennormale mit den Flächennormalen P, P' der Prismenseiten bilden;

r, r' die Winkel, welche die durchgehende Wellennormale mit eben diesen Flächennormalen einschliesst;

D den Ablenkungswinkel der Wellennormale [2]);

n den Brechungs-Quotienten der ausserordentlichen Welle für die durch r gegebene Richtung;

δ, ε die beiden Hauptbrechungs-Quotienten, zwischen denen n variirt;

[1]) Nouv. Ann. de Mathém. t. XVI.

[2]) Die Winkel i, i', D haben gleiche Werthe, für die Wellennormale und den zugehörigen Strahl, wodurch es auch einzig möglich wird, die Grössen dieser Winkel durch directe Beobachtung zu finden.

θ den Winkel, welche die Halbirungslinie des brechenden Winkels A mit der δ entsprechenden Elasticitätsaxe einschliesst.

Man hat nun für den Durchgang der Wellen folgende Gleichungen

$$\left.\begin{array}{c} A = r + r' \;;\; A + D = i + i' \\ \dfrac{\sin i}{\sin r} = \dfrac{\sin i'}{\sin r'} = n \end{array}\right\} \quad (1)$$

$$\frac{1}{n^2} = \frac{\cos\left(\frac{A}{2} - r - \theta\right)^2}{\delta^2} + \frac{\sin\left(\frac{A}{2} - r - \theta\right)^2}{\varepsilon^2} \quad (2)$$

Die letzte Gleichung erhält man nach den Gesetzen der Doppelbrechung, indem die durchgehende Wellennormale, deren Geschwindigkeit im Allgemeinen durch den Radius einer Ellipse gegeben ist, mit der Elasticitätsaxe δ einen Winkel $90° + \frac{A}{2} - r - \theta$ einschliesst.

Für das Minimum der Ablenkung hat man noch folgende Bedingung

$$\frac{dD}{dr} = 0 \quad (3)$$

Aus diesen sechs Gleichungen mit zehn variablen Grössen lässt sich immer eine Gleichung mit nur fünf Variabeln (z. B. A, D, θ, δ, ε) bilden.

Will man allgemein aus i, A, D den Brechungsquotienten n bestimmen, so verfährt man bekanntlich folgendermassen:

$$\frac{\sin i + \sin i'}{\sin r + \sin r'} = \frac{\sin i - \sin i'}{\sin r - \sin r'} = n$$

$$= \frac{\sin\frac{A+D}{2}\cos\left(i - \frac{A+D}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}\cos\left(\frac{A}{2} - r\right)} = \frac{\cos\frac{A+D}{2}\sin\left(i - \frac{A+D}{2}\right)}{\cos\frac{A}{2}\sin\left(\frac{A}{2} - r\right)} = n \quad (4)$$

und hieraus erhält man zur Bestimmung von n die bekannten Gleichungen

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \;;\; \tan\left(\frac{A}{2} - r\right) = \tan\frac{A}{2}\tan\left(i - \frac{A+D}{2}\right)\cot\frac{A+D}{2} \quad (I)$$

Aus Gleichung 4) erhält man aber auch sogleich

$$\frac{1}{n^2} = \frac{\sin\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\cos\left(\frac{A}{2} - r\right)^2 + \frac{\cos\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\sin\left(\frac{A}{2} - r\right)^2 \quad (5)$$

Differentirt man diese Gleichung nach r, so erhält man mit Rücksicht auf Gleichung 3)

$$(6)\quad \frac{1}{n^2}\cdot\frac{dn}{dr} = -\frac{\sin\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\cos\left(\frac{A}{2}-r\right)\sin\left(\frac{A}{2}-r\right) + \frac{\cos\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\sin\left(\frac{A}{2}-r\right)\cos\left(\frac{A}{2}-r\right)$$

Zufolge Gleichung 3) hat man aber anderseits

$$\frac{1}{n^2} = \frac{\cos\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)^2}{\delta^2} + \frac{\sin\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)^2}{\varepsilon^2}$$

$$\frac{1}{n^2}\cdot\frac{dn}{dr} = -\frac{\cos\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)\sin\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)}{\delta^2} + \frac{\sin\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)\cos\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)}{\varepsilon^2}$$

Hieraus ergibt sich

$$(7)\quad \begin{cases} \cos\dfrac{\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)}{\delta^2} = \dfrac{1}{n^2}\cos\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right) - \dfrac{1}{n^2}\dfrac{dn}{dr}\sin\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right) \\ \sin\dfrac{\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)}{\varepsilon^2} = \dfrac{1}{n^2}\sin\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right) + \dfrac{1}{n^2}\dfrac{dn}{dr}\cos\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right) \end{cases}$$

Führt man in diese Gleichungen die Werthe für $\frac{1}{n^2}$ und $\frac{1}{n^2}\frac{dn}{dr}$ aus Gleichung 5) und 6) ein, so erhält man

$$(8)\quad \begin{cases} \dfrac{\cos\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)}{\delta^2} = \dfrac{\sin\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\cos\left(\frac{A}{2}-r\right)\cos\theta + \dfrac{\cos\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\sin\left(\frac{A}{2}-r\right)\sin\theta \\ \dfrac{\sin\left(\frac{A}{2}-r-\theta\right)}{\varepsilon^2} = -\dfrac{\sin\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\cos\left(\frac{A}{2}-r\right)\sin\theta + \dfrac{\cos\left(\frac{A}{2}\right)^2}{\cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}\sin\left(\frac{A}{2}-r\right)\cos\theta \end{cases}$$

Ersetzt man in diesen Gleichungen $tan\left(\frac{A}{2} - r\right)$ durch seinen Werth aus Gleichung 4), so ist

$$\left.\begin{aligned}\delta^2 &= \frac{sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}{sin\left(\frac{A}{2}\right)^2} \cdot \frac{tan\frac{A}{2}\,cot\frac{A+D}{2}\,tan\left(i-\frac{A+D}{2}\right)+cot\,\theta}{cot\frac{A}{2}\,tan\frac{A+D}{2}\,tan\left(i-\frac{A+D}{2}\right)+cot\,\theta}\\ \varepsilon^2 &= \frac{sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2}{sin\left(\frac{A}{2}\right)^2} \cdot \frac{tan\frac{A}{2}\,cot\frac{A+D}{2}\,tan\left(i-\frac{A+D}{2}\right)-tan\,\theta}{cot\frac{A}{2}\,tan\frac{A+D}{2}\,tan\left(i-\frac{A+D}{2}\right)-tan\,\theta}\end{aligned}\right\} \text{(II)}$$

Diese Gleichungen sind mit den von Sénarmont mit 6) bezeichneten identisch; sie dienen zur Bestimmung von δ und ε, wenn A, D, θ und i bekannt sind.

Man kann diese Gleichung auch in folgender Form schreiben:

$$\left.\begin{aligned}&\left\{\delta^2 sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 - sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\} cos\frac{A}{2}\,cos\frac{A+D}{2}\,cos\left(i-\frac{A+D}{2}\right)cos\,\theta =\\ &\quad = -\left\{\delta^2 cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 - cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\} sin\frac{A}{2}\,sin\frac{A+D}{2}\,sin\left(i-\frac{A+D}{2}\right)sin\,\theta\\ &\left\{\varepsilon^2 cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 - cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\} sin\frac{A}{2}\,sin\frac{A+D}{2}\,sin\left(i-\frac{A+D}{2}\right)cos\,\theta =\\ &\quad = -\left\{\varepsilon^2 sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 - sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\} cos\frac{A}{2}\,cos\frac{A+D}{2}\,cos\left(i-\frac{A+D}{2}\right)sin\,\theta\end{aligned}\right\} \text{(9)}$$

In dieser Form eignen sich nun diese Gleichungen sehr gut zur Elimination von θ oder i. Multiplicirt man die beiden Gleichungen, wie sie unter einander stehen, so erhält man

$$\left.\begin{aligned}&\left\{\delta^2 sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 - sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\}\left\{\varepsilon^2 cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 - cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\} cos\,\theta^2 +\\ &+\left\{\delta^2 cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 - cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\}\left\{\varepsilon^2 sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 - sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\} sin\,\theta^2 = 0\end{aligned}\right\} \text{(III)}$$

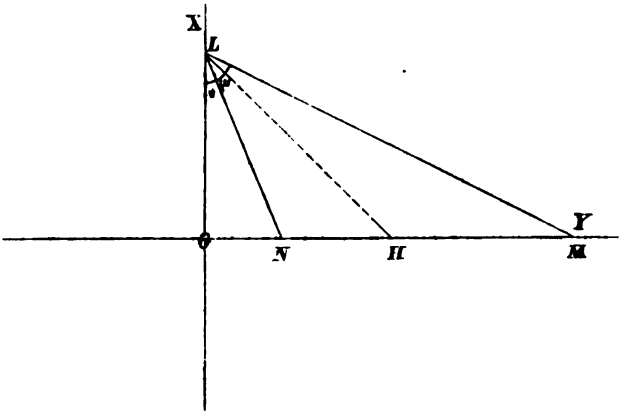
Diese Gleichung [von Sénarmont mit 7) bezeichnet] kann erstens dazu dienen, einen der Hauptbrechungsquotienten δ und ε zu bestimmen, wenn der andere und die Grössen A, D, θ bekannt sind. Anderseits findet man aus dieser Gleichung die Orientirung θ aus den Grössen A, B, δ, ε, was wir eben für unsere Aufgabe benöthigen.

Multiplicirt man die Gleichungen 9) kreuzweise, so hat man hingegen

$$\text{(IV)}\quad \begin{cases} \left\{\delta^2 \sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 - \sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\}\left\{\varepsilon^2 \sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 - \sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\}\cdot \\ \qquad \cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 \cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2 \cos\left(i - \frac{A+D}{2}\right)^2 + \\ + \left\{\delta^2 \cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 - \cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\}\left\{\varepsilon^2 \cos\left(\frac{A}{2}\right)^2 - \cos\left(\frac{A+D}{2}\right)^2\right\}\cdot \\ \qquad \sin\left(\frac{A}{2}\right)^2 \sin\left(\frac{A+D}{2}\right)^2 \sin\left(i - \frac{A+D}{2}\right)^2 = 0 \end{cases}$$

Aus dieser Gleichung findet man falls die Orientirung unbekannt ist, was bei weitem der häufigste Fall, einen der Hauptbrechungsquotienten aus dem andern mit Hilfe der Grössen A, D, i [1]).

3. Aus der Gleichung III, welche sich auch für die logarithmische Berechnung leicht umstellen lässt, kann man also die Orientirung der von Rudberg verwendeten Prismen bestimmen und es bleibt die weitere Aufgabe die Änderung der Axen aus den Änderungen des brechenden Winkels zu bestimmen; natürlich kann hiebei nur von der Änderung des Axenverhältnisses die Rede sein.



Wir nennen zu diesem Zwecke

d, e die Längen der den Richtungen OX und OY entsprechenden Krystallaxen bei gewöhnlicher,

d', e' die Längen dieser Axen bei erhöhter Temperatur,

[1]) Zur Bestimmung der drei Hauptbrechungsquotienten genügen also schon zwei Prismen, die je einer Elasticitätsaxe parallel geschnitten, sonst aber beliebig orientirt sind.

A, A' die Neigungswinkel der beiden Prismenflächen für gewöhnliche und erhöhte Temperatur,

μ, ν die Winkel, welche die beiden Prismenflächen mit der Richtung der Axe d einschliessen, bei gewöhnlicher,

μ', ν' diese Winkel bei erhöhter Temperatur,

me, ne die durch die Prismenflächen abgeschnittenen Stücke der Axe OY, wenn wir uns denken, dass beide Flächen die Axe OX in der Entfernung $d = LO$ schneiden.

Wir haben somit

$$A = \mu - \nu \qquad A' = \mu' - \nu'$$
$$m = \frac{d}{e} tan\, \mu \qquad n = \frac{d}{e} tan\, \nu$$

Da durch die Temperatur-Erhöhung die Verhältnisszahlen m und n ungeändert bleiben, so hat man ferner

$$m = \frac{d'}{e'} tan\, \mu' \qquad n = \frac{d'}{e'} tan\, \nu'$$

und daher

$$\frac{d}{e} tan\, \mu = \frac{d'}{e'} tan\, \mu'$$
$$\frac{d}{e} tan\, \nu = \frac{d'}{e'} tan\, \nu'$$

hieraus erhält man die beiden neuen Gleichungen

$$\frac{e'}{d'} \cdot \frac{d}{e} (tan\, \mu - tan\, \nu) = (tan\, \mu' - tan\, \nu')$$
$$1 + \frac{d^2}{e^2} \cdot \frac{e'^2}{d'^2} tan\, \mu\, tan\, \nu = 1 + tan\, \mu'\, tan\, \nu'$$

Die Division dieser Gleichungen gibt

$$\frac{d}{e} \cdot \frac{e'}{d'} (tan\, \mu - tan\, \nu) = tan\, A' \left(1 + \frac{d^2}{e^2} \cdot \frac{e'^2}{d'^2} tan\, \mu\, tan\, \nu\right)$$

oder in anderer Gestalt

$$\frac{d^2}{e^2} \cdot \frac{e'^2}{d'^2} - \frac{d}{e} \cdot \frac{e'}{d'} \cdot \frac{sin\, A}{tan\, A'\, sin\, \mu\, sin\, \nu} = \frac{1}{sin\, \mu\, sin\, \nu} \qquad (10)$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich der Werth von $\frac{e'}{d'}$ in der Form

$$\frac{e'}{d'} = \frac{e}{d} \cdot h$$

Die Wahl zwischen den beiden Werthen der Gleichung 10) ist nicht schwierig, da die Grösse h sich nicht weit von der Einheit entfernen kann.

Schneidet eine Fläche die Axe OY auf der entgegengesetzten Seite, so hat man die analoge Gleichung

$$(11) \qquad \frac{d^2}{e^2}\cdot\frac{e'^2}{d'^2}+\frac{d}{e}\cdot\frac{e'}{d'}\cdot\frac{\sin A}{\tan A'\sin\mu\sin\nu}=-\frac{1}{\sin\mu\sin\nu}$$

wo μ und ν wieder die Winkel sind, welche die Prismenflächen mit der Axe OY einschliessen, beide Winkel gezählt in entgegengesetzter Richtung.

4. Bezeichnen wir mit $a, b, c \ldots . a', b', c'$ die Krystallaxen bei gewöhnlicher und erhöhter Temperatur, mit $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}, \mathfrak{c}$ die optischen Elasticitätsaxen des Aragonits, so dass $a > b > c$ und $\mathfrak{a} > \mathfrak{b} > \mathfrak{c}$ ist, so hat man, da das Schema der Elasticitätsaxen für Aragonit $\mathfrak{c}\underline{\mathfrak{a}}\mathfrak{b}$ ist:

$$a \parallel \mathfrak{c}\ ,\ b \parallel \mathfrak{a}\ ,\ c \parallel \mathfrak{b}.$$

Wir bezeichnen ferner mit α, β, γ die drei Hauptbrechungsquotienten, so zwar dass

$$\alpha = \frac{1}{\mathfrak{a}}\ ,\ \beta = \frac{1}{\mathfrak{b}}\ ,\ \gamma = \frac{1}{\mathfrak{c}}\ ,\ \text{und daher}\ \alpha < \beta < \gamma$$

Die numerischen Werthe der einzelnen Prismen, für welche Rudberg die Änderung des brechenden Winkels bestimmte, sind nun Folgende. Hiebei werden die Werthe in Betreff derjenigen Fraunhofer'schen Linie genommen, welche Rudberg auf das Minimum ihrer Ablenkung einstellte.

Prisma A, Nr. 2.

Dieses Prisma gibt den kleinsten Hauptbrechungsquotienten; die brechende Kante ist also parallel $\mathfrak{a} \parallel b$, und dieses Prisma gibt daher die Änderung des Axenverhältnisses $\frac{c}{a}$. Man hat

$A = 51° 48' 31''$ Temperatur 18° C.,
$A' = 51° 49' 1''$,
$D = 43° 27' 40''$ für das Minimum des Strahles F,
$\delta = \beta = 1{\cdot}69053$, $\varepsilon = \gamma = 1{\cdot}69515$ } für den Strahl F,
$\theta = 23° 40' 43''$ Winkel der Halbirungslinie mit c.

Die Winkel der beiden Prismenseiten mit der Axe c sind daher

$$\mu = \frac{A}{2} + \theta = 49° 34' 58''$$

$\nu = \frac{A}{2} - \theta = 2° 13' 33''$ hieraus erhält man

$$\frac{c'}{a'} = \frac{c}{a} \cdot 0{\cdot}999726.$$

Prisma B, Nr. 2.

Es entspricht diesem Prisma der grösste Hauptbrechungsquotient und die brechende Kante desselben ist also parallel c ‖ *a*, wir erhalten durch dieses Prisma die Änderung von $\frac{c}{b}$. Es ist für dieses Prisma

$A = 40° 12' 3''$ Temperatur 18° C.,
$A' = 40° 10' 10''$,
$D = 23° 50' 11''$ Minimum-Ablenkung der Linie *H*,
$\left.\begin{matrix} \delta = \alpha = 1{\cdot}54226 \\ \varepsilon = \beta = 1{\cdot}70509 \end{matrix}\right\}$ für die Linie *H*,
$\theta = 3° 34' 41''$ Winkel der Halbirungslinie mit der Axe *b*,

und daher die Winkel der Prismenseiten mit dieser Axe

$$\mu = \frac{A}{2} + \theta = 23° 40' 43''$$

$$-\nu = \frac{A}{2} - \theta = 16° 31' 21'',$$ woraus man findet

$$\frac{c'}{b'} = \frac{c}{b} \cdot 0{\cdot}999269.$$

Prisma C, Nr. 2.

Rudberg erhielt durch dieses Prisma den mittleren Hauptbrechungsquotienten; das Prisma hat daher seine brechende Kante parallel b ‖ *c*, und gibt die Änderungen des Axenverhältnisses $\frac{b}{a}$.

$A = 41° 34' 32''$ Temperatur 16° C.,
$A' = 41° 33' 51''$,
$D = 25° 44' 16''$ für das Minimum der Linie *H*,
$\left.\begin{matrix} \delta = \gamma = 1{\cdot}70011 \\ \varepsilon = \alpha = 1{\cdot}54216 \end{matrix}\right\}$ für die Linie *H*,
$\theta = 67° 50' 39''$ Winkel der Prismenflächen mit der Axe *a*;

man hat also für die Winkel der Prismenflächen mit der Axe *a*

$$\mu = \theta + \frac{A}{2} = 88° 37' 55''$$

$$\nu = \theta + \frac{A}{2} = 47° 3' 23'', \text{ hieraus folgt}$$

$$\frac{b'}{a'} = \frac{b}{a} \cdot 1{\cdot}000407.$$

Da man eines der drei Verhältnisse $\frac{b'}{a'}$, $\frac{c'}{a'}$, $\frac{c'}{b'}$ ersichtlich aus den beiden andern finden kann: so erhält man mit Vernachlässigung der unbedeutenden Temperaturunterschiede der einzelnen Prismen für die Verhältnisse $\frac{b'}{a'}, \frac{c'}{a'}$ folgende Werthe:

	gerechnet aus den beiden anderen Verhältnissen
$\frac{b'}{a'} = \frac{b}{a} \cdot 1{\cdot}000407$	$\frac{b}{a} \cdot 1{\cdot}000457$
$\frac{c'}{a'} = \frac{c}{a} \cdot 0{\cdot}999726$	$\frac{c}{a} \cdot 0{\cdot}999676.$

Nimmt man aus diesen Doppelwerthen, welche zugleich ein Urtheil über den Grad der Genauigkeit geben, das Mittel, so hat man schliesslich

$$(12) \quad \begin{cases} \frac{b'}{a'} = \frac{b}{a} \cdot 1{\cdot}000432 \\ \frac{c'}{a'} = \frac{c}{a} \cdot 0{\cdot}999701. \end{cases}$$

5. Auch Mitscherlich stellte Beobachtungen über die Änderung des Axenverhältnisses des Aragonits durch die Wärme an. Derselbe fand für die Temperaturen + 14° R. und + 114° R. folgende Winkel:

	$t = 14°$ R. $= 17°5$ C.	$t = 114°$ R. $= 142°5$ C.
$(101)(\bar{1}01)$	$116° 11' 46''\frac{2}{3}$	$116° 15' 28''\frac{1}{3}$
$(110)(\bar{1}10)$	$108° 26' 0''$	$108° 20' 30''$

hieraus ergeben sich die Axenverhältnisse

$$(13) \quad \begin{cases} a : b : c = 1 : 0{\cdot}720781 : 0{\cdot}622490 & t = 17°5 \text{ C.} \\ a'' : b'' : c'' = 1 : 0{\cdot}751997 : 0{\cdot}621745 & t = 142°5 \text{ C.} \end{cases}$$

Aus diesen beiden Verhältnissen bekommt man für die Axenlängen bei einer beliebigen Temperatur t (im Grade Cels.) folgende Formeln:

$$(14) \quad \begin{cases} \frac{b_t}{a_t} = 0{\cdot}720610\,(1 + 0{\cdot}0000135\,t) \\ \frac{c_t}{a_t} = 0{\cdot}622627\,(1 - 0{\cdot}0000125\,t) \end{cases}$$

Aus diesen Gleichungen erhält man für eine Temperatur von 81°5 C. das Axenverhältniss

$$a' : b' : c' = 1 : 0{\cdot}721403 : 0{\cdot}621992$$

und in Bezug auf das Axenverhältniss a, b, c für 17°5 C. aus Gleichung 13)

$$\left.\begin{aligned} \frac{b'}{a'} &= \frac{b}{a} \,.\, 1{\cdot}000864 \\ \frac{c'}{a'} &= \frac{c}{a} \,.\, 0{\cdot}999200. \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Der Temperaturunterschied für a, b, c . . . a' b' c' beträgt auch hier 64° C. und falls die absolute Temperatur sich um ein Geringes von der Rudberg'schen unterscheidet, so hat dieses kaum irgend einen Einfluss auf die vorstehenden Zahlenwerthe. Doch ist die Differenz der Werthe aus den Gleichungen 12) und 15) zu gross, um sie Beobachtungsfehlern zuzuschreiben; auch sind die Differenzen für beide Verhältnisse in demselben Sinne. Nach Gleichung 15) nämlich ändert sich sowohl $\frac{b}{a}$ als $\frac{c}{a}$ stärker als nach Gleichung 12). Es scheint daraus hervorzugehen, dass jedenfalls bis zu einer Temperatur von 82° C. das Axenverhältniss des Aragonits sich weniger ändert, als es die Formeln 14) angeben, und dass daher auch noch in diesen Formeln wenigstens auf die zweiten Potenzen von t Rücksicht zu nehmen ist, falls man die Axenlängen auch nur auf vier Decimalstellen richtig haben will: vorausgesetzt, dass nicht etwa in den Messungen Mitscherlich's irgend ein Beobachtungsfehler liegt.

6. Um schliesslich beurtheilen zu können, wie gross der Winkel (W) ist, den die durchgehende Wellennormale der ausserordentlichen Strahlen bei dem Minimum ihrer Ablenkung mit einer gegen beide Prismenseiten gleichgeneigten Linie einschliesst, so findet man für das Prisma A, Nr. 2 aus den Gleichungen IV und I

$$i - \frac{A+D}{2} = 0° \, 3' \, 48''$$

$$W = r - \frac{A}{2} = 0° \, 1' \, 41''.$$

Beide Winkel sollten gleich Null sein, falls die Wellennormale bei dem Minimum gleichgeneigt hindurchginge. Man erhält aus diesen Werthen

$$i = 47° 41' 54''$$
$$r = 25° 53' 35''$$

und hieraus den Brechungsquotienten für die durch r gegebene Richtung

$$n = 1{\cdot}69369.$$

Rechnet man aber den Brechungsquotienten unter der Voraussetzung, dass die Normale gleichgeneigt gegen die Prismenseiten ist, so hat man den schon ziemlich abweichenden Werth

$$(n) = 1{\cdot}69127.$$

Hieraus würde sich unter obiger Voraussetzung nach Gleichung 2) für den Winkel der Halbirungslinie mit der Axe c der Werth ergeben

$$(\theta) = 23° 40' 5''.$$

Rechnet man mit diesem fehlerhaften Werthe die Änderung des Axenverhältnisses, so erhält man

$$\left(\frac{c'}{a'}\right) = \frac{c}{a} \cdot 0{\cdot}98810$$

einen Werth, welcher bedeutend von dem wahren Werthe der Grösse $\frac{c'}{a'}$ abweicht, daher von einer Vernachlässigung des Winkels W nicht die Rede sein kann. Bedenkt man aber, wie es sich aus den Gleichungen 8) leicht beweisen lässt, dass der Winkel W wirklich gleich Null wird, wenn die Halbirungslinie des brechenden Winkels mit einer Axe zusammenfällt, so sieht man auch sogleich, dass das Prisma A, Nr. 2 von allen Prismen die ungünstigte Orientirung hat, indem für dasselbe der Winkel der Halbirungslinie mit der nächsten Axe den grössten Winkel einschliesst.

Untersuchungen über den Zusammenhang in den Änderungen der Dichten und Brechungsexponenten in Gemengen von Flüssigkeiten.

Von Dr. **Adolph Weiss** und **Edmund Weiss.**

(Ausgeführt im k. k. physikalischen Institute.)

Vorgelegt in der Sitzung vom 4. November 1858.

Die Arbeit beginnt mit einer Untersuchung des Einflusses jener Fehler, welchen die Bestimmung des Brechungsexponenten von Flüssigkeiten in Hohlprismen unterworfen ist, auf letzteren. Dieselben werden eingetheilt in Beobachtungsfehler, entstehend durch den Nichtparallelismus der Deckplatten, und Excentricitätsfehler; jede Classe derselben wird eigens untersucht, und bei den letzteren zwei Arten die Mittel angegeben, sie zu eliminiren. Bei der Anwendung der allgemein entwickelten Formeln auf die speciellen Fälle, bei denen gewöhnlich die Messung vorgenommen wird (senkrechte Incidenz- und Minimalstellung) zeigt sich der Umstand, dass bei der Minimumstellung der Coëfficient des Fehlers im Einfallswinkel sich annullirt, d. h. dass ein kleiner bei der Einstellung begangener Fehler auf den Brechungsexponenten gar nicht zurückwirkt; dies zeigt, dass man auch mit dieser Stellung, trotz der Unsicherheit der Einstellung, genaue Resultate zu erzielen im Stande ist.

Dann folgen die Resultate einer Beobachtungsreihe an Salzsäure, welche so angestellt ist, dass die durch Nichtparallelismus der Deckplatten entstehenden Fehler, so wie die sogenannten Excentricitätsfehler im Mittel aus je zwei Beobachtungen sich tilgen, so dass im Mittel aller Beobachtungen der wahrscheinliche Fehler in den Dichten nie 0·0002 und in den Brechungsexponenten 0·0001 übersteigt. Die Berechnung der Contractions- und Retardations-Coëfficienten aus den Dichten und Brechungsexponenten zeigt, dass beide so wie ihr Verhältniss ganz andere Gesetze befolgen als jene sind, welche bei den

früheren Substanzen gefunden wurden. Während sowohl bei Schwefel- als Salpetersäure die δ und θ bei grösserer Verdünnung abnehmen, zeigt sich hier der umgekehrte Fall: bei den höchsten Concentrationsgraden sind δ und θ sehr klein, wachsen aber bei fortschreitender Verdünnung mehr und mehr. Ebenso verschieden ist der Gang der θ von einer Linie des Spectrums zur anderen. Bei SO_3 und NO_5 nehmen dieselben vom rothen zum violeten Ende des Spectrums an Grösse ab; bei Cl H ist dies wenigstens nicht bei allen Concentrationsgraden der Fall: in den höchsten nehmen dieselben an Grösse bei den brechbareren Strahlen zu; in den mittleren sind dieselben nahezu constant, und in den niedrigeren nehmen sie sogar an Grösse vom rothen zum violeten Ende ab, wie dies an den früheren Säuren beobachtet wurde. Das Verhältniss $\frac{\delta}{\theta}$ ist hier nicht mehr nahe $=2$; es beträgt stets mehr als 2·0, zugleich ist ein Abnehmen desselben von den höchsten Concentrationsgraden gegen die niedrigsten zu nicht zu verkennen. (Etwas ähnliches zeigt sich, wiewohl nicht so deutlich, an SO_3.)

Fasst man alles, was aus den bisherigen Beobachtungen folgt, zusammen, so ergibt sich Folgendes:

1. Die Contractions-Coëfficienten sind nicht nur bei verschiedenen Substanzen, sondern auch bei verschiedenen Concentrationsgraden einer und derselben Substanz verschieden.

2. Dasselbe ist mit den Retardations-Coëfficienten der Fall. Ihr Gang ist jedoch dem der δ insoferne analog, als ihre Grösse mit δ zu- und abnimmt. Allein diese sind auch verschieden bei verschiedenen Linien eines und desselben Concentrationsgrades, und zwar nehmen sie von Roth gegen Violet hin an Grösse bald zu, bald ab.

3. Das Verhältniss $\frac{\delta}{\theta}$ ist für jede Substanz ein anderes; es ändert sich auch bei verschiedenen Concentrationsgraden ein und derselben Substanz und auch bei verschiedenen Linien ein und desselben Concentrationsgrades.

Es drängte sich auch wieder die Frage auf, ob die verschiedenen Anomalien, welche Salzsäure gegen SO_3 und NO_5 zeigt, durch Beobachtungsfehler erklärlich seien. Zur Entscheidung derselben wurden dieselben Fehlergleichungen benützt, welche schon in der früheren Arbeit zu einem gleichen Zwecke gedient hatten. Der Einfluss derselben zeigte sich hier, trotz der genaueren Beobachtungen,

so bedeutend, dass man wohl, wollte man die Sache auf die Spitze treiben, nicht nur die θ von einer Linie zur anderen als constant ansehen könnte, sondern auch das Verhältniss $\frac{\delta}{\theta}$ als ein solches von einem Concentrationsgrade zum anderen gelten lassen könnte. Da sich auch bei SO_3 und NO_5 derselbe Fall ereignete, so ersieht man daraus, dass durch Beobachtungen, welche die Genauigkeit der eben vorliegenden nicht weit überschreiten, diese Fragen keineswegs mit Sicherheit beantwortet werden können. Es wurde daher der Versuch gemacht, die Erscheinungen, unter theoretischen Gesichtspunkten zu erklären.

Zuerst wurde die Frage aufgenommen, ob die θ von einer Linie zur andern constant seien, und wenn dies nicht der Fall wäre, welche Veränderung mit ihnen vorgehe. Zur Beantwortung derselben kann die frühere Fehlergleichung benützt werden: um nämlich den Einfluss des Überganges von einer Linie zur andern zu erfahren, hat man in dieselbe nur die betreffende Änderung der Brechungsexponenten einzuführen, und die anderen Grössen als constant, d. h. ihre Veränderungen als $= 0$ anzusehen. Die so erhaltene Gleichung hat die Form:

$$\Delta\theta = A\,\Delta n_1 + B\,\Delta n_2 + C\Delta N.$$

Führt man die Bedingung, dass θ von einer Linie zur anderen constant sei ($\Delta\theta = 0$), ein, so ergibt sich daraus sogleich eine Bestimmungsgleichung für $\frac{\delta}{\theta}$; sie zeigt, dass unter dieser Voraussetzung $\frac{\delta}{\theta}$ für verschiedene Concentrationsgrade nicht constant sein könne. Allein jene Voraussetzung ist unstatthaft; wie sich sogleich ergibt, berechnet man $\frac{\delta}{\theta}$ aus der dadurch entstehenden Gleichung. Sucht man aber ohne irgend eine Voraussetzung die Änderung des θ von einer Linie zur anderen, so zeigt sich, dass es von Roth gegen Violet hin zunehme oder abnehme, je nachdem

$$\frac{\delta}{\theta} \lessgtr \frac{n_1\,\Delta n_2 + n_2\,\Delta n_1}{v_1\,\Delta n_1 + v_2\,\Delta n_2},$$

woraus sich ergibt, dass sehr wohl alle zwei Fälle bei ein und derselben Substanz bei verschiedenen Concentrationsgraden eintreten können (ClH).

Nachdem also θ von einer Linie zur anderen nicht constant ist, kann das Verhältniss $\frac{\delta}{\theta}$ bei verschiedenen Concentrationsgraden höchstens für ein und dieselbe Linie constant sein. Eine der früheren ähnliche Untersuchung zeigt, dass dies dann eintrete, wenn

$$\Delta n_1 = \Delta n_2$$

d. h. die Ausdehnung des Spectrums für alle Substanzen gleich gross wäre. Da die Beobachtungen diesem widersprechen, ist auch $\frac{\delta}{\theta}$ bei verschiedenen Concentrationsgraden variabel.

Dann wird auf eine Eigenschaft der δ und θ bei einem speciellen Falle aufmerksam gemacht, welche schon in der Formel selbst liegt. Sind nämlich die Brechungsexponenten n_1, n_2, N von einer gewissen Zahl, etwa a, nur um Grössen erster Ordnung verschieden, d. h. ist:

$$n_1 = a + \alpha$$
$$n_2 = a + \beta$$
$$N = a + \gamma$$

so ist $\delta = \frac{\theta}{a} + \rho$,

wo ρ eine Grösse derselben Ordnung wie α, β, γ ist. Dieser Fall ist desshalb wichtig, weil er bei einer ganzen Classe von Körpern, nämlich den Gasen vorkommt, bei ihnen ist $a = 1$ und α, β, γ, also auch ρ, sind Grössen, die erst in der 4. Decimale zählende Ziffern haben; es ist also bis zur 4. Decimale genau, geht man aber zu höheren blos näherungsweise:

$$\delta = \theta.$$

Zum Schlusse ist an einer Substanz, nämlich Salzsäure, der Versuch gemacht, die δ und θ und $\frac{\delta}{\theta}$ nach Potenzen der Concentration in Reihen zu entwickeln, d. h. die Coëfficienten der Gleichungen:

$$\delta = a\,(1 + a_1 v_1 + a_2 v_1^2 + a_3 v_1^3 + \ldots.)$$
$$\theta = b\,(1 + \beta_1 v_1 + \beta_2 v_1^2 + \beta_3 v_1^3 + \ldots)$$
$$\frac{\delta}{\theta} = c\,(1 + \gamma_1 v_1 + \gamma_2 v_1^2 + \gamma_3 v_1^3 + \ldots)$$

zu bestimmen. Dieselben wurden aus allen 9 Concentrationen nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Allein es zeigt sich dabei, dass die Coëfficienten a_1, a_2, a_3, β_1 ... nicht nur nicht zu

convergiren, sondern eher zu divergiren scheinen: $a_1 < a_2 < a_3$. Ob dies blos in den Beobachtungsfehlern liege, welche natürlich die Coëfficienten der höheren Glieder am meisten entstellen, oder ob dadurch eine Andeutung gegeben sei, dass die Änderungen von δ θ etc. nicht bei allen Concentrationsgraden einem Gesetze folgen, sondern dass dieses, also die Reihe für δ und θ bei verschiedenen Concentrationsgraden sich ändere, ist wegen der bedeutenden Entstellung der δ und θ durch Beobachtungsfehler bis jetzt noch nicht zu entscheiden. Unmöglich dürfte letztere Ansicht keineswegs sein, da dieselbe Erscheinung bei allen vier bisher beobachteten Substanzen sich zeigt, wie die an denselben angestellten Berechnungen darthun. Nur ist noch zu bemerken, dass, sieht man von den äussersten Concentrationsgraden (0·9 und 0·1) ab [1]), wenigstens näherungsweise für $\frac{\delta}{\theta}$ ein Ausdruck wie

$$\frac{\delta}{\theta} = A + B v_1 v_2$$

am besten zu genügen scheint.

I.

§. 1. Herr Prof. Grailich hat zuerst in einer Note (Sitzungsb. XXV. 515) mit Herrn Handl auf ein eigenthümliches Verhältniss zwischen Contractions- und Retardations-Coëfficienten hingewiesen. Einer von uns hat die begonnenen Untersuchungen im Verlaufe des vorigen Jahres mit H. Handl fortgesetzt, und vor Kurzem sind die Resultate derselben in den Schriften der k. Akademie erschienen [2]). Es schien daraus zu folgen, dass der Contractions-Coëfficient, in einem einfachen, commensurablen und für alle Concentrationsgrade constanten Verhältnisse zum Retardations-Coëfficienten stehe.

Untersuchungen, welche wir im Laufe des Sommers an Salzsäure anstellten, zeigten uns jedoch, dass dem nicht so sei, indem zum Beispiele eben bei der Salzsäure in den unteren Concentrations-

---

[1]) Wegen des grossen Einflusses der Fehler, die schon mehr als das Doppelte der nächsten (0·8 und 0·2) beträgt.

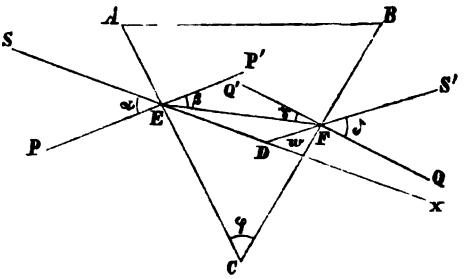
[2]) Handl und A. Weiss, Untersuchungen über den Zusammenhang in den Änderungen der Dichten und Brechungsexponenten in Gemengen von Flüssigkeiten und Verbindungen von Gasen. Mit 1 Tafel. Sitzungsb. der kais. Akademie, 1858, XXX. Bd., S. 389. — Noch früher erschien Grailich und Handl, Sitzungsb. XXV, S. 515.

graden der Contractions-Coëfficient weit langsamer wächst als der Retardations-Coëfficient.

Ehe wir jedoch die Resultate dieser Beobachtungen sammt einigen an dieselben sich anschliessenden theoretischen Betrachtungen über die Ursachen der hier sich zeigenden Inconstanz dieses Verhältnisses darlegen, wollen wir einige Bemerkungen über die Art, wie dieselben angestellt wurden, um ein möglichst fehlerfreies Resultat zu erhalten, vorausschicken.

Vor allem anderen suchten wir zu ermitteln, wie die verschiedenen Fehler, welche bei der Messung der Winkel begangen werden, auf den Brechungsexponenten zurückwirken und wie sie paralysirt werden können. Die Beantwortung dieser Fragen ist nicht schwer.

Fig. 1.



Fällt auf ein Prisma ABC (Fig. 1), dessen brechender Winkel $ACB = \varphi$ ist, ein Lichtstrahl unter dem Winkel $SEP = \alpha$ [wo PP' und QQ' die betreffenden Einfallslothe sind], so bestehen, wenn die Winkel $P'EF$, $Q'FE$, QFS' der Reihe nach mit β, γ und δ bezeichnet werden, zwischen diesen, dem Ablenkungswinkel $S'Dx = \omega$ und dem Brechungsexponenten der Substanz des Prisma's folgende Relationen:

$$\omega = \alpha + \delta - \varphi$$
$$\varphi = \beta + \gamma$$
$$\sin \alpha = n \sin \beta$$
$$\sin \delta = n \sin \gamma.$$

Diese Beziehungen, mittelst deren man aus je drei dieser Grössen die übrigen finden kann, benützt man gewöhnlich dazu, den Brechungsexponenten aus den drei Winkeln α, φ und ω, welche man sich durch directe Messung leicht verschaffen kann, zu bestimmen. Die Ermittelung desselben aus den oben angeführten Gleichungen durch Einführung von Hilfswinkeln in einer zum Berechnen mit Logarithmen tauglichen Form ist nicht schwierig [1]); wir wollen uns aber hier mit

[1]) Eine solche Auflösung durch Hilfswinkel hat Herr Professor Grailich in seiner bekannten Preisschrift benützt.

dieser Auflösung nicht beschäftigen, sondern die für unsere Zwecke wichtigere directe angeben. Sie ist

$$n = \frac{1}{\sin\varphi}\sqrt{1 - \frac{1}{2}[\cos\omega + \cos 2\alpha - \cos(2\alpha - \omega) + \cos(2\varphi + \omega) - \cos(2\alpha - 2\varphi - 2\omega) + \cos(2\alpha - 2\varphi - 2\omega)]}.$$

Die Winkel α, φ und ω können nun begreiflicher Weise mit verschiedenen Fehlern behaftet sein. Die hauptsächlichsten Quellen derselben sind indess folgende:

1. Unvermeidliche Beobachtungsfehler.

Bezeichnet man die Fehler, welche man in α, φ und ω begehen kann mit $\Delta\alpha$, $\Delta\varphi$ und $\Delta\omega$, so findet man, wenn die entsprechende Änderung im Brechungsexponenten mit Δn bezeichnet wird, aus der obigen Gleichung

$$\Delta n = \frac{\sin(\varphi + \omega - 2\alpha)}{n\sin^2\varphi}[\cos\varphi - \cos(\varphi + \omega)]\Delta\alpha +$$

$$+ \frac{\cos(\varphi + \omega - 2\alpha)}{n\sin^2\varphi}[\sin\alpha\cos\varphi + \sin(\varphi + \omega - \alpha)]\Delta\omega +$$

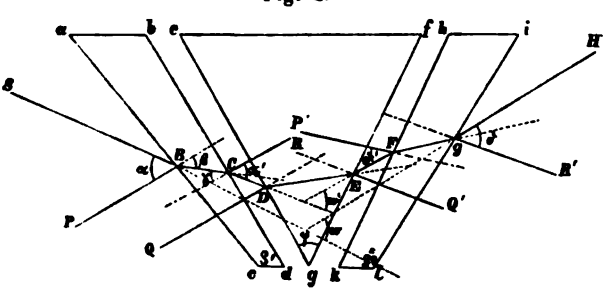
$$+ \left[\frac{1}{2n\sin^2\varphi}\{2\sin\alpha\cos(2\varphi + \omega - \alpha) + \sin(2\varphi + 2\omega - 2\alpha)\} - n\operatorname{cotg}\varphi\right]\Delta\varphi$$

Fehler dieser Art können nur durch zahlreiche Beobachtungen auf ein Minimum gebracht werden.

2. Bestimmt man die Brechungsexponenten einer Flüssigkeit durch Beobachtungen mittelst eines Hohlprisma's, so kommt eine zweite Fehlerquelle hinzu, wenn die hier nöthigen Deckplatten nicht vollkommen parallelflächig sind. Wegen dieses Umstandes bedürfen alle gemessenen Winkel einer Correction, welche man etwa auf folgende Weise finden kann.

Sind die Flächen der ersten Deckplatte $abcd$ (Fig. 2) nicht parallel, sondern unter dem Winkel ρ_1 gegen ein-

Fig. 2.



ander geneigt, so ist, wenn ν den Brechungsexponenten des Glases, α den Winkel des einfallenden, α' den des austretenden, β den des zuerst gebrochenen und γ den Winkel des an der Hinterwand auffallenden Strahles mit dem Einfallslothe bezeichnet:

$$\sin\alpha = \nu \sin\beta$$
$$\sin\alpha' = \nu \sin\gamma$$
$$\gamma = \beta + \rho_1.$$

Der Unterschied

$$\alpha' - \alpha = \xi_1$$

wird, da ρ_1 sehr klein ist, es ebenfalls sein; bleibt man daher in der Entwickelung bei den ersten Potenzen dieser Grössen stehen, d. h. setzt man

$$\sin\rho_1 = \rho_1 \quad \cos\rho_1 = 1$$
$$\sin\xi_1 = \xi_1 \quad \cos\xi_1 = 1$$

so erhält man:

$$\xi_1 = \frac{\nu \cos\beta}{\cos\alpha} \cdot \rho_1 = \frac{\sqrt{\nu^2 - \sin^2\alpha}}{\cos\alpha} \cdot \rho_1.$$

Hat δ dieselbe Bedeutung wie früher, und bezeichnen ρ_2 und ξ_2 dieselben Grössen für die zweite Deckplatte, wie ρ_1 und ξ_1 für die erste, so hat man ganz analog:

$$\xi_2 = \frac{\sqrt{\nu^2 - \sin^2\delta}}{\cos\delta} \cdot \rho_2 \text{ [1]}.$$

---

[1]) Wollte man, was freilich nur in sehr wenigen Fällen nöthig sein dürfte, noch die zweiten Potenzen von ξ_1 und ρ_1 berücksichtigen, so hätte man zu setzen:

$$\sin\xi_1 = \xi_1 \quad \cos\xi_1 = 1 - \tfrac{1}{2}\xi_1^2$$
$$\sin\rho_1 = \rho_1 \quad \cos\rho_1 = 1 - \tfrac{1}{2}\rho_1^2$$

und erhielte dann

$$\xi_1 = \cot g\,\alpha \pm \sqrt{\rho_1^2 - 2\rho_1 \frac{\cos\beta}{\sin\alpha}\nu + \cot g^2\alpha}.$$

Das obere Zeichen kann hier nicht gelten, weil ξ_1 nicht $= 0$ wäre, für $\rho_1 = 0$. Es ist also:

$$\xi_1 = \cot g\,\alpha - \sqrt{\rho_1^2 - 2\rho_1 \frac{\cos\beta}{\cos\alpha}\nu + \cot g^2\alpha}.$$

Entwickelt man die Wurzelgrösse nach Potenzen von ρ_1 und vernachlässigt alle die zweite Dimension überschreitenden Grössen, so erhält man, wenn man von der Formel

$$\nu^2 \cos^2\beta = \nu^2 - \sin^2\alpha$$

Gebrauch macht:

Den brechenden Winkel des Prisma's findet man

$$\varphi' = \varphi + \rho_1 + \rho_2;$$

den Winkel des ersten einfallenden Strahles mit dem letzten austretenden:

$$\omega = \alpha + \delta - \varphi',$$

während der Ablenkungswinkel, welcher dem Brechungsexponenten der Flüssigkeit entspricht:

$$\begin{aligned}\omega' &= \alpha' + \delta' - \varphi \\ &= \alpha + \delta - \varphi' + (\xi_1 + \xi_2) + (\rho_1 + \rho_2) \\ &= \omega + \xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2\end{aligned}$$

ist. Um daraus den wahren Brechungsexponenten zu finden, sollten wir unserer Berechnung die Grössen

$$\begin{aligned}\alpha' &= \alpha + \xi_1 \\ \varphi &= \varphi' - (\rho_1 + \rho_2) \\ \omega' &= \omega + \xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2\end{aligned}$$

zu Grunde legen, statt welcher wir aber die Werthe

$$\begin{aligned}&\alpha \\ &\varphi' \\ &\omega\end{aligned}$$

verwenden, und so die Fehler

$$\begin{aligned}\Delta\alpha &= \xi_1 \\ \Delta\varphi &= -(\rho_1 + \rho_2) \\ \Delta\omega &= \xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2\end{aligned}$$

begehen. Setzt man diese Grössen in die oben gegebene Fehler-

---

$$\xi_1 = \rho_1 \frac{\sqrt{\nu^2 - \sin^2\alpha}}{\cos\alpha} - \tfrac{1}{2}\frac{\nu^2 - 1}{\cos^2\alpha} \operatorname{tg}\alpha \cdot \rho_1^2$$

und auf gleiche Weise

$$\xi_2 = \rho_2 \frac{\sqrt{\nu^2 - \sin^2\delta}}{\cos\delta} - \tfrac{1}{2}\frac{\nu^2 - 1}{\cos^2\delta} \operatorname{tg}\delta \cdot \rho_2^2.$$

Vernachlässigt man hier ρ_1^2 und ρ_2^2, so erhält man die oben gegebenen Werthe.

gleichung, so erhält man sogleich den Einfluss derselben auf die Brechungsexponenten, nämlich:

$$\Delta n = \frac{\sin(\varphi+\omega-2\alpha)}{n\sin^2\varphi}[\cos\varphi-\cos(\varphi+\omega)]\,\xi_1 +$$

$$+\frac{\cos(\varphi+\omega-\alpha)}{n\sin^2\varphi}[\sin\alpha\cos\varphi+\sin(\varphi+\omega-\alpha)][\xi_1+\xi_2+\rho_1+\rho_2]-$$

$$-\left[\frac{2\sin\alpha\cos(2\varphi+\omega-\alpha)+\sin(2\varphi-2\omega-2\alpha)}{2n\sin^2\varphi}-n\,\mathrm{cotg}\,\varphi\right][\rho_1+\rho_2]$$

und nach Vornahme aller möglichen Reductionen:

$$\Delta n = \frac{\cos\alpha}{n\sin^2\varphi}[\sin(\varphi+\omega-\alpha)\cos\varphi+\sin\alpha]\,\xi_1 +$$

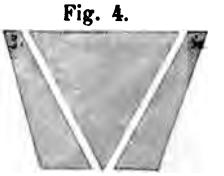
$$+\frac{\cos(\varphi+\omega-\alpha)}{n\sin^2\varphi}[\sin(\varphi+\omega-\alpha)+\sin\alpha\cos\varphi]\,\xi_2 -$$

$$-\frac{1}{\sin\varphi}\left[\frac{\sin\alpha\sin(\varphi+\omega-\alpha)}{n}+n\cos\varphi\right](\rho_1+\rho_2).$$

Die Werthe von ξ_1 und ξ_2 als Functionen von ρ_1 und ρ_2 sind oben angegeben worden. Die Grössen ρ_1 und ρ_2 sind stets sehr klein: es ist daher schwer ihren Werth mit Genauigkeit zu ermitteln, am tauglichsten hierzu dürfte vielleicht ein gutes Sphärometer sein. Die Kenntniss derselben ist jedoch nicht nöthig, da man durch ein einfaches Mittel den Einfluss dieser Fehler ganz zu paralysiren im Stande ist. Es besteht darin, dass man die Deckplatten in zwei entgegengesetzten Lagen (wie Fig. 3 und 4 zeigt) auf das Hohlprisma legt. Dadurch ändern nämlich alle Fehler ihre Zeichen, wenn man dafür sorgt, dass der Einfallswinkel bei beiden Beobachtungen derselbe ist, und in dem Mittel beider Messungen erhält man also den wahren Werth des Brechungsexponenten selbst ohne Kenntniss der Grösse der Winkel ρ_1 und ρ_2. Die Richtigkeit des hier Gesagten ergibt sich aus Folgendem. Ist (Fig. 3) α der

Fig. 3.

Fig. 4.



Einfallswinkel, β der Brechungswinkel, so ist $\beta + \rho_1$ der Einfallswinkel auf die zweite Fläche. Bezeichnet nun wieder

$$\alpha' = \alpha + \xi_1$$

den Winkel des austretenden Strahles mit dem Einfallslothe, so ist:

$$\sin \alpha = \nu \sin \beta$$
$$\sin(\alpha + \xi_1) = \nu \sin(\beta + \rho)$$
$$\xi_1 = \frac{\nu \cos \beta}{\cos \alpha} \rho_1.$$

Im zweiten Falle (Fig. 4) ist, wenn α der Einfallswinkel, β der Brechungswinkel, $\beta - \rho_1$ der auf die zweite Fläche auffallende und wenn

$$\alpha'_1 = \alpha + \xi'_1$$

der Winkel des Einfallslothes mit dem austretenden Strahle ist:

$$\sin \alpha = \nu \sin \beta$$
$$\sin(\alpha + \xi'_1) = \nu \sin(\beta - \rho_1)$$

also

$$\xi'_1 = -\frac{\nu \cos \beta}{\cos \alpha} \rho_1 = -\xi_1.$$

Für die zweite Deckplatte hat man ebenso:

$$\xi'_2 = -\xi_2 \text{ [1]};$$

---

[1]) Diese Gleichheit mit entgegengesetzten Zeichen gilt aber nur für die Glieder erster Ordnung, denn es ist

$$\xi_1 = \frac{\nu \cos \beta}{\cos \alpha} \rho_1 - \frac{\nu^2 - 1}{2 \cos^2 \alpha} tg\, \alpha \cdot \rho_1^2$$

$$\xi'_1 = -\frac{\nu \cos \beta}{\cos \alpha} \rho_1 - \frac{\nu^2 - 1}{2 \cos \alpha} tg\, \alpha \cdot \rho_1^2$$

also

$$\xi'_1 = -\xi_1 - \frac{\nu^2 - 1}{\cos^2 \alpha} tg\, \alpha \cdot \rho_1^2.$$

Durch das angegebene Verfahren wird nämlich das Zeichen von ρ verkehrt; es sind deshalb alle Glieder, welche ρ in einer ungeraden Potenz enthalten, entgegengesetzt bezeichnet, jene, welche es in einer geraden enthalten, nicht; man kann dieselben also auch nicht wegschaffen. Übrigens sind Deckplatten, bei denen ρ so gross ist, dass man noch dieses Glied berücksichtigen muss, zur Messung nicht zu brauchen.

ferner ist der brechende Winkel des Prisma's im ersten Falle:

$$\varphi' = \varphi + (\rho_1 + \rho_2),$$

im zweiten

$$\varphi'_1 = \varphi - (\rho_1 + \rho_2),$$

und da der Winkel des einfallenden mit dem gebrochenen Strahle

$$\omega = \alpha + \delta - \varphi$$

ist, so ist im ersten Falle

$$\omega' = \omega + (\xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2)$$

und im zweiten

$$\omega'_1 = \omega - (\xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2).$$

Es ist somit in der ersten Stellung (Fig. 3)

$$\Delta\alpha = \xi_1$$
$$\Delta\omega = \xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2$$
$$\Delta\varphi = -(\rho_1 + \rho_2)$$

und in der anderen (Fig. 4)

$$\Delta\alpha = -\xi_1$$
$$\Delta\omega = -(\xi_1 + \xi_2 + \rho_1 + \rho_2)$$
$$\Delta\varphi = +(\rho_1 + \rho_2)$$

Man sieht daraus, dass in der That alle Fehler ihr Zeichen gewechselt haben, im Mittel der beiden Beobachtungen sich also der Einfluss derselben gegenseitig tilgt.

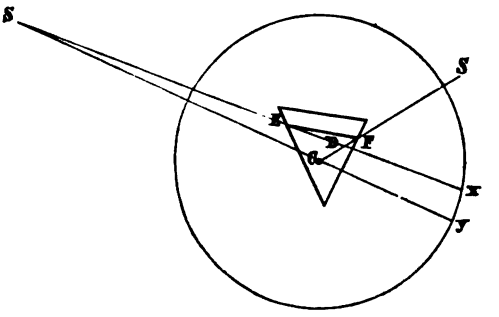
3. Eine letzte Classe von Fehlern entsteht dann, wenn der Scheitel der Winkel nicht vom Centrum des Kreises aus gemessen wird. Der leichteren Übersicht wegen wollen wir hier die zwei Fälle unterscheiden:

a) Die Drehungsaxe des Fernrohrs fällt mit dem Centrum des Kreises zusammen.

Da in diesem Falle nur Strahlen, welche durch das Centrum gehen, in das Fernrohr gelangen können, findet man bei einer unrich-

tigen Stellung des Prisma's nur den Deviations- und Einfallswinkel fehlerhaft; auf die Grösse des Brechungswinkels φ hat dies gar keinen Einfluss. Aber es werden auch die eben erwähnten Fehler im Deviations- und Einfallswinkel bei nur etwas beträchtlicher Entfernung der Lichtquelle ganz verschwinden. Denn was den ersteren betrifft, so ist, wenn (Fig. 5) in S die Lichtquelle sich befindet und $SEFS'$ den Weg darstellt, den ein Lichtstrahl nehmen muss, um in der Richtung des Centrums ($S'C$) gesehen zu werden, der eigentliche Deviationswinkel $S'Dx = \omega$, während man durch Messung dafür die Grösse

Fig. 5.



$$S'Cy = \omega'$$

findet; der Unterschied beider ist

$$\omega' - \omega = \Delta\omega = < DSC.$$

Nennt man $DC = d$ und die Entfernung der Lichtquelle vom Centrum des Kreises $CS = r$, so ist

$$r \sin \Delta\omega = d \sin \omega$$

oder wegen der Kleinheit von $\Delta\omega$

$$\Delta\omega = \frac{d}{r} \sin \omega.$$

In den meisten Fällen ist die Entfernung r gegen d sehr gross, und man kann die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen als parallel betrachten, daher

$$r = \infty$$

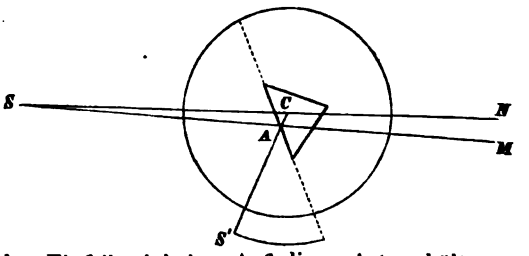
setzen, wodurch man

$$\Delta\omega = 0$$

erhält.

Ebenso verhält es sich mit der Änderung des Einfallswinkels. Diesen bestimmt man dadurch, dass man den Winkel des directen Strahles mit dem reflectirten misst, die Hälfte desselben ist das Complement des Einfallswinkels. Auf diese Art erhält man (Fig. 6) statt des Winkels

Fig. 6.



$$S' AM = 180 - 2\alpha$$

den Winkel

$$S' CN = 180 - 2\alpha'.$$

Setzt man wieder

$$\alpha - \alpha' = \Delta\alpha$$

so ist, wenn $CA = d$, $CS = r$ gesetzt wird, da

$$CSA = 2(\alpha - \alpha') = 2\Delta\alpha,$$

auch

$$r \sin 2\Delta\alpha = d \sin 2\alpha$$

oder wegen der Kleinheit von $\Delta\alpha$

$$\Delta\alpha = \frac{d}{2r} \sin 2\alpha$$

Ist also die Lichtquelle sehr weit entfernt, so kann man hier ebenfalls $\Delta\alpha = 0$ setzen.

Wie diese Fehler vermieden werden können, wenn obige Annahme nicht gelten sollte, kann man im Allgemeinen nicht angeben, da sich mit der Änderung des Einfallswinkels auch die Lage des Scheitels des Deviationswinkels (ω) ändert [1]). Bei der folgenden

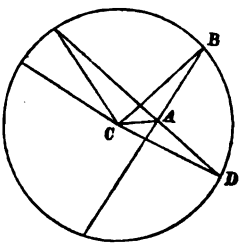
[1]) Übrigens ist es gut zu bemerken, dass bei der Ermittelung von ω und α zugleich durch directe Messung, einer derselben stets fehlerhaft bleiben muss, da die Scheitel beider ($\alpha = 0$ ausgenommen) nie zusammenfallen.

Besprechung jener Fälle, bei denen man mit speciellen Werthen des Einfallswinkels operirt, werden wir bei jedem derselben Mittel, dies zu erreichen, angeben.

b) Die Drehungsaxe des Fernrohrs fällt mit dem Centrum des Kreises nicht zusammen.

In diesem Falle muss man, um den Einfluss auf die zu messenden Winkel zu bestimmen, ausser der Entfernung der beiden Punkte, noch die Lage derselben gegen jene kennen. Nehmen wir an, der Scheitel der zu bestimmenden Winkel liege in der Umdrehungsaxe des Fernrohres, weil, wenn dies auch nicht der Fall ist, man doch nach den früheren Formeln dasselbe durch eine kleine Correction leicht erreichen kann; so ist, wenn C das Centrum, $CA = d$ die Entfernung der Umdrehungsaxe von demselben, $BAD = \varepsilon$ den zu messenden, $BCD = \varepsilon'$ den statt desselben gemessenen Winkel bezeichnen. und wenn die Lage der CA gegen den Winkel BCD durch den Winkel $BCA = \mu$ bestimmt ist

Fig. 7.



$$\varepsilon = \varepsilon' + (CBA + ADC)$$
$$= \varepsilon' + (\Delta\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_2) = \varepsilon' + \Delta\varepsilon$$

wo $\Delta\varepsilon_1$ und $\Delta\varepsilon_2$ durch folgende Gleichungen gegeben sind:

$$\sin \Delta\varepsilon_1 = \frac{d \sin (\mu + \Delta\varepsilon_1)}{r}$$

$$\sin \Delta\varepsilon_2 = \frac{d \sin (\varepsilon - \mu + \Delta\varepsilon_2)}{r}$$

oder wegen der Kleinheit der Grössen $\Delta\varepsilon_1$ und $\Delta\varepsilon_2$ mit Hinweglassung aller die erste Ordnung überschreitenden Grössen

$$\Delta\varepsilon_1 = \frac{d}{r} \sin \mu$$

$$\Delta\varepsilon_2 = \frac{d}{r} \sin (\varepsilon - \mu)$$

Es ist also

$$\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_2 = \frac{d}{r}[\sin\mu + \sin(\varepsilon - \mu)]$$

$$= \frac{2d}{r}\sin\frac{\varepsilon}{2}\cos\frac{\varepsilon - 2\mu}{2}.$$

Fehler dieser Art gehören unter die sogenannten Excentricitätsfehler; das einfachste Mittel sie zu eliminiren besteht im Ablesen an zwei um 180° von einander abstehenden Nonien, weil das Mittel beider Ablesungen den gesuchten Winkel genau gibt. Ist dies an dem Instrumente, mit welchem man beobachtet, nicht möglich, so kann man die dadurch entstehenden Fehler auch ohne Kenntniss der Grössen d und μ, deren genauer Bestimmung grosse Hindernisse im Wege stehen, zwar nicht ganz wegschaffen, doch ihren Einfluss sehr verkleinern, wenn man das Prisma um $180° - \varphi$ dreht. Dadurch wird der Einfallswinkel auf der zweiten Seite des Prisma's wieder α und der Fehler dem früheren beinahe gleich und entgegengesetzt bezeichnet, wie man leicht nachweisen kann.

§. 2. In der Praxis kommt dieser allgemeine Fall selten vor; man gibt dem Prisma gewöhnlich eine solche Stellung, dass der Einfallswinkel einen speciellen Werth erhält, der die Formel vereinfacht. Unter diesen speciellen Werthen verdienen zwei eine besondere Berücksichtigung, und zwar:

I. Derjenige, bei welchem der Strahl die erste Prismenfläche senkrecht trifft; für ihn ist

$$\alpha = 0$$
$$\beta = 0$$
$$\gamma = \varphi$$
$$\delta = \omega + \varphi,$$

also

$$(1) \qquad n = \frac{\sin(\omega + \varphi)}{\sin\varphi}.$$

Was den Einfluss der Fehler auf den Brechungsexponenten betrifft, so findet man durch Substitution des speciellen Werthes $\alpha = 0$ in die früheren Formeln:

1. Für die Beobachtungsfehler

$$\Delta n = \frac{\cos\varphi - \cos(\varphi+\omega)}{n\sin^2\varphi}\sin(\varphi+\omega)\,\Delta\alpha$$

$$+\frac{\sin(2\varphi+2\omega)}{2n\sin^2\varphi}\Delta\omega$$

$$+\left[\frac{\sin(2\varphi+2\omega)}{2n\sin^2\varphi} - n\,\mathrm{cotg}\,\varphi\right]\Delta\varphi.$$

Letzterer Ausdruck lässt sich dadurch sehr vereinfachen, dass man in ihm den eben (1) angegebenen Werth von n substituirt. Nach allen sich dabei ergebenden Reductionen wird

$$\Delta n = \frac{\cos\varphi - \cos(\varphi+\omega)}{\sin\varphi}\Delta\alpha$$

$$+\frac{\cos(\varphi+\omega)}{\sin\varphi}\Delta\omega$$

$$-\frac{\sin\omega}{\sin^2\varphi}\Delta\varphi$$

Man sieht hier unter Anderem auf den ersten Blick, dass die Fehler im Allgemeinen desto kleiner werden, je grösser der brechende Winkel (φ) des Prisma's ist, was sich im Grunde wohl begreifen lässt.

2. Wegen Nichtparallelismus der Deckplatten hat man folgende Correction anzubringen:

$$\Delta n = \xi_1\,\mathrm{cotg}\,\varphi + \xi_2\frac{\cos(\varphi+\omega)}{\sin\varphi} - n(\rho_1+\rho_2)\cot\varphi$$

$$\xi_1 = \nu\rho_1$$

$$\xi_2 = \frac{\sqrt{\nu^2-\sin^2(\omega+\varphi)}}{\cos(\omega+\varphi)}\rho_2.$$

Der Einfluss dieses Fehlers lässt sich, wie wir gezeigt haben, durch Umkehren der Platten beseitigen.

3. Den Excentricitätsfehler hat man bei der Bestimmung des Einfallswinkels gar nicht zu berücksichtigen, indem er hier, wo

man letzteren nicht durch directe Messung sucht, wegfällt. Der Scheitel des Deviationswinkels liegt in diesem Falle an der, der Lichtquelle abgekehrten Wand des Prisma's und man kann denselben daher leicht zum Zusammenfallen mit der Umdrehungsaxe des Fernrohres bringen, dadurch, dass man sich eine Linie durch dieselbe markirt und eben jene Wand daran stellt. Fällt dieser Umdrehungspunkt nicht mit dem Centrum des Limbus zusammen, so kann man, wenn das Instrument nicht zwei Nonien besitzt, die dadurch resultirenden Fehler ganz so, wie es früher angegeben worden, verkleinern.

II. Derjenige, wo man das Prisma so stellt, dass das Minimum der Deviation eintritt[1]). Dies geschieht, wenn

$$\alpha = \delta$$
$$\beta = \gamma$$

also

$$\alpha = \tfrac{1}{2}(\omega + \varphi)$$
$$\beta = \tfrac{1}{2}\varphi$$

ist. Dann wird

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(\omega+\varphi)}{\sin\frac{1}{2}\varphi}$$

Der Einfluss der verschiedenen Fehler ist auch hier leicht gefunden, wenn man in die allgemeinen Formeln diese speciellen Werthe einführt.

1. Die für Beobachtungsfehler geltende Gleichung vereinfacht sich wieder bedeutend, wenn man n mittelst der dafür gegebenen Formel daraus eliminirt; sie nimmt dann folgende Form an:

$$(2) \qquad \Delta n = 0 . \Delta\alpha + \frac{\cos\left(\frac{\varphi+\omega}{2}\right)}{2\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}\Delta\omega - \frac{\sin\left(\frac{\omega}{2}\right)}{2\sin^2\left(\frac{\varphi}{2}\right)}\Delta\varphi.$$

Auch hier erweist sich ein grosser Brechungswinkel des Prisma's als vortheilhaft. Allein diese Gleichung ist in einer anderen Beziehung sehr lehrreich; sie zeigt eine Eigenschaft dieser Stellung, deren Vorhandensein ihre Brauchbarkeit zu genauen Untersuchungen begründet; es ist die, dass ein kleiner bei der Einstellung auf

[1]) Beizufügen wäre noch, dass der Gebrauch eines Collimateur sehr grosse Vortheile gewährt, indem hier z. B. die Schwankungen des Instrumentes, herbeigeführt durch die Nähe des Beobachters etc. ohne Nachtheil für die Beobachtung sind.

das Minimum der Deviation begangener Fehler auf den Brechungsexponenten gar keine Wirkung ausübt. Es ist nämlich bei dieser Beobachtungsmethode der Natur der Sache nach jener Punkt, wo das Minimum der Deviation eintritt, nicht genau zu bestimmen; diese Formel (2) zeigt uns aber, dass dies ganz ohne Einfluss ist.

Das hier gewonnene Resultat, dass innerhalb gewisser Grenzen der Einfallswinkel bei der Bestimmung des Brechungsexponenten ganz gleichgiltig ist, folgt, so paradox es für den Augenblick scheinen mag, von selbst, wenn man die dabei eintretenden Verhältnisse berücksichtigt. Man beobachtet nämlich derart, dass man den Limbus mit dem Prisma so lange dreht, bis das Spectrum seine Lage nicht mehr ändert [1]). Sucht man nun mit dem Fernrohre genau jenen Punkt zu bestimmen, wo das Minimum der Deviation eintritt, d. h. jenen Punkt, wo das Spectrum die Richtung seiner Bewegung beim Fortdrehen ändert (umkehrt), so findet man, dass eine der Brewster'schen Linien, z. B. die $\mathfrak{D}$, bei einer geringen Drehung des Limbus (also auch zugleich des Prisma's) ihre Stellung gar nicht ändert, d. h. unverrückt am Fadenkreuze stehen bleibt. Es scheint also auf den ersten Blick, dass dieser Umstand eine beträchtliche Unsicherheit der Beobachtungen involvire, allein dem ist nicht so. Es ändert sich nämlich die Grösse des Deviationswinkels, auf welchen es hier allein ankommt, bei einem Vorwärts- oder Rückwärtsdrehen des Limbus, welcher das Prisma trägt, gar nicht, so lange nur die Linie sich nicht geradezu vom Fadenkreuze entfernt [2]). Man begreift zugleich, dass es ein blosser Zeitverlust ohne Vermehrung der Genauigkeit wäre, wollte man jede Linie einzeln ins Minimum der Deviation einstellen; es genügt, dies für eine der mittleren zu thun.

2. Der Nichtparallelismus der Deckplatten bewirkt folgende Änderung des Brechungsexponenten:

$$\Delta n = \frac{1}{2}\frac{\cos\left(\frac{\omega+\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}(\xi_1+\xi_2) - \frac{1}{2}n\cot g\left(\frac{\varphi}{2}\right)[\rho_1+\rho_2]$$

[1]) Hat man das Fernrohr bei Beginn der Beobachtung auf die Lichtquelle eingestellt, so erscheinen die Linien im Spectrum nur dann scharf, wenn das Minimum der Deviation gerade erreicht ist.

[2]) Dieses Drehen des Limbus hat nur eine Verschiebung des Nullpunktes der Theilung zur Folge, dessen Lage aber bei Beobachtungen, wo man einen Winkel aus der Differenz zweier Ablesungen bestimmt, gleichgiltig ist.

$$\xi_1 = \frac{\sqrt{\nu^2 - \sin^2\left(\frac{\omega+\varphi}{2}\right)}}{\cos\left(\frac{\omega+\varphi}{2}\right)}\rho_1$$

$$\xi_2 = \frac{\sqrt{\nu^2 - \sin^2\left(\frac{\omega+\varphi}{2}\right)}}{\cos\left(\frac{\omega+\varphi}{2}\right)}\rho_2$$

also einfacher:

$$\Delta n = \frac{1}{2\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}\left[\sqrt{\nu^2 - \sin^2\left(\frac{\varphi+\omega}{2}\right)} - n\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right](\rho_1 + \rho_2).$$

Die Beseitigung dieses Fehlers ist bereits angegeben worden.

3. In Betreff der durch excentrische Stellung entstehenden Fehler ist zu bemerken, dass man hierbei den Einfallswinkel nicht zu berücksichtigen hat, weil man die Stellung, wo das Minimum der Deviation eintritt, unabhängig von jeder Messung sucht. Den Scheitel des Deviationswinkels kann man leicht in die Umdrehungsaxe des Fernrohres bringen; derselbe liegt nämlich in einer den Prismawinkel halbirenden Linie. Um ihn also in die Umdrehungsaxe des Fernrohres zu bringen, hat man nichts zu thun, als durch dieselbe eine Linie zu ziehen und mit ihr diejenige in Coincidenz zu bringen, welche den Winkel des Prisma's halbirt. Die Bezeichnung dieser letzteren Linie geschieht am einfachsten durch je einen Strich an der vorderen und hinteren Fläche der Metallfassung des Prisma's; eine kleine etwa übrig bleibende Ungenauigkeit in der Bestimmung dieser Halbirungslinie kann man noch dadurch wegbringen, dass man bei einer zweiten Beobachtung das Prisma um 180° wendet, wieder auf die Linie durch die Umdrehungsaxe des Fernrohres stellt und die Marken an der Metallfassung mit ihr in Coincidenz bringt. Dadurch kommt der Scheitel des Deviationswinkels einmal rechts, dann eben so weit links von der erwähnten Linie zu stehen, und es fällt im Mittel von je zwei solchen Beobachtungen der begangene Fehler weg. Dies Verfahren ist um so mehr anzurathen, als man ohne dasselbe und die früher angegebenen Correctionen ganz gewiss nur eine illusorische Genauigkeit der Beobachtungen erzielen wird. Auch wird dadurch der eigentliche Excentricitätsfehler, nämlich der durch das Nichtzusammenfallen der Umdrehungsaxe des Fernrohres mit dem

Centrum des Limbus entstehende, soweit eliminirt, als es ohne Ablesen an zwei entgegenstehenden Nonien möglich ist.

Aus dem bereits Gesagten ergibt sich daher, dass die Beobachtung durch Minimum der Deviation nicht nur eben so genaue Resultate bietet wie die durch senkrechte Incidenz, sondern auch noch weitere Vortheile gewährt, welche nicht leicht von einer anderen erreicht werden dürften.

Zum Schlusse geben wir in einer kleinen Tabelle für einen Prismenwinkel $\varphi = 45°$ (der Fall, bei dem wir beobachteten) den Einfluss der Beobachtungsfehler bei der Minimalstellung auf die Grösse des Brechungsexponenten. Sie ist so eingerichtet, dass $\Delta\omega$ und $\Delta\varphi$ in Minuten ausgedrückt werden müssen.

$n =$	$\omega =$	$\Delta n =$
1·1	4° 47·4′	0·000345 $\Delta\omega$ — 0·000042 $\Delta\varphi$
1·2	9 40·4	0·000338 $\Delta\omega$ — 0·000084 $\Delta\varphi$
1·3	14 40·0	0·000330 $\Delta\omega$ — 0·000127 $\Delta\varphi$
1·4	19 47·4	0·000321 $\Delta\omega$ — 0·000171 $\Delta\varphi$
1·5	25 3 8	0·000311 $\Delta\omega$ — 0·000216 $\Delta\varphi$
1·6	30 30·6	0·000301 $\Delta\omega$ — 0·000261 $\Delta\varphi$
1·7	36 10·0	0·000289 $\Delta\omega$ — 0·000308 $\Delta\varphi$
1·8	42 4·4	0·000276 $\Delta\omega$ — 0·000357 $\Delta\varphi$
1·9	48 17·2	0·000261 $\Delta\omega$ — 0·000407 $\Delta\varphi$
2·0	54 52·8	0·000245 $\Delta\omega$ — 0·000458 $\Delta\varphi$

II.

Die Brechungsexponenten der Salzsäure wurden an demselben Goniometer bestimmt, an welchem früher dieselben bei Schwefel- und Salpetersäure gemessen worden waren. Auch die Dichten der Mischung bestimmten wir mit demselben Dichtenapparate; nur wurden, um die Mischung möglichst genau zu haben, von jedem Concentrationsgrade mehrere Mischungen ausgeführt; von jeder einzelnen aber sowohl die Dichte als auch die Brechungsexponenten ermittelt. Zur Bestimmung des letzteren bedienten wir uns bei allen

Messungen eines und desselben Prisma's, dessen brechender Winkel durch so zahlreiche Beobachtungen bestimmt wurde, dass er schwerlich um 0·1 Minuten fehlerhaft sein dürfte. Er ist

$$\varphi = 45° 9' 57''.$$

Um ferner den Einfluss aller angegebenen Fehler auf den Brechungsexponenten so viel als möglich zu eliminiren, bestimmten wir denselben aus jeder Mischung bei einer doppelten Stellung des Prisma's; bei der ersten Stellung (*A*) stand die brechende Kante links (nachdem man auf's Minimum eingestellt hatte); nun wurden alle Deviationen bestimmt, hierauf das Prisma zernommen, sorgfältig gereinigt, die Deckplatten in der umgekehrten Lage darauf gelegt und die Kante nach rechts gewendet (*B*). Dadurch erhält der vom Nichtparallelismus der Deckplatten herrührende Fehler das entgegengesetzte Zeichen, fällt somit weg, und die Excentricitätsfehler werden so viel als möglich herausgeschafft in der Art, wie es S. 16 angegeben worden ist.

Der Erfolg dieser Art zu beobachten zeigt sich ganz deutlich in der weit höheren Genauigkeit der numerischen Werthe der Brechungsexponenten etc. für Salzsäure, welche es uns ermöglichten, daraus jene Schlüsse zu ziehen, welche weiter unten folgen werden.

Beobachtet man ohne Umkehren des Prisma's und ohne Messen der Deviation auf beiden Seiten, so wird man sehr häufig bei verschiedenen Beobachtungen eine Art Wanderung der Zahlen wahrnehmen [1]). Die Brechungsindices z. B. von 𝔄 werden denen einer zweiten Beobachtung von 𝔅 genau entsprechen u. s. w., so dass man auf die Vermuthung kommt, man habe die Linien vertauscht. Dies ist aber nicht der Fall, sondern der Grund der Erscheinung liegt ausserhalb des Beobachters. Es ist nämlich, wie man leicht zeigen kann, die Summe aller oben angedeuteten Fehler in unserem Falle etwa 3′—4′. Nun beträgt aber der Abstand einer Brewster'schen Linie von der anderen fast genau eben so viel, der Erfolg ist also derselbe wie ein Verrücken der Linien um Eine derselben vor- oder rückwärts; mit anderen Worten, es stellt sich eine Wanderung der Zahlen ein.

---

[1]) Wir glauben hier die richtige Erklärung eines Phänomenes gegeben zu haben, das uns bei Schwefel- und Salpetersäure sehr viel Nachdenken und Vermuthungen kostete.

Die Brechungsexponenten wurden übrigens, wie man aus den folgenden Tabellen ersieht, nicht aus jedem Deviationswinkel gerechnet, sondern aus dem Mittel sämmtlicher (5) Beobachtungen jeder einzelnen Stellung, weil sich dadurch die Beobachtungsfehler am vollständigsten eliminiren.

Die Beobachtungsmethode war im Allgemeinen, ausser den oben erwähnten Umkehrungen und den mehrfachen Mischungsbestimmungen, dieselbe wie bei der früheren Arbeit über Schwefel- und Salpetersäure.

Am Schlusse wurden noch die Mittelwerthe einer Beobachtungsreihe an Salmiaklösung hinzugefügt, welche auf dieselbe Art und aus derselben Zahl einzelner Beobachtungen erhalten wurden, wie die bei Cl.H angegebenen. Nur die Bezeichnung der Spectrallinien ist in so ferne geändert, als das Erste bei der Salmiaklösung sich zeigende Liniensystem wieder mit A bezeichnet wurde. Auch suchten wir alle Beobachtungen unter nahezu gleichen Temperaturen auszuführen, um von den durch dieselben bewirkten Änderungen in Dichten und Brechungsexponenten unabhängig zu sein.

TAB. I.

Destillirtes Wasser.

Temp.	$\omega_{\mathfrak{A}}$	$\omega_{\mathfrak{B}}$	$\omega_{\mathfrak{C}}$	$\omega_{\mathfrak{D}}$	$\omega_{\mathfrak{E}}$	$\omega_{\mathfrak{F}}$	$N_{\mathfrak{A}}$	$N_{\mathfrak{B}}$	$N_{\mathfrak{C}}$	$N_{\mathfrak{D}}$	$N_{\mathfrak{E}}$	$N_{\mathfrak{F}}$
	Stellung A:											
23°	16° 20·0′	16° 22·5′	16° 25·0′	16° 28·5′	16° 31·0′	16° 32·5′	.	.	.	.	.	.
	16 21·0	16 23·0	16 26·0	16 29·0	16 31·5	16 32·5	.	.	.	.	.	.
	16 21·5	16 23·5	16 25·5	16 29·0	16 31·0	16 33·0	.	.	.	.	.	.
	16 19·5	16 23·0	16 25·0	16 27·5	16 30·5	16 33·5	.	.	.	.	.	.
	16 19·0	16 21·5	16 24·0	16 26·0	16 29·5	16 31·0	.	.	.	.	.	.
Mittel:	16° 20·2′	16° 22·7′	16° 25·1′	16° 28·0′	16° 30·7′	16° 32·5′	1·3315	1·3324	1·3332	1·3340	1·3349	1·3355
	Stellung B:											
23°	16° 22·5′	16° 24·5′	16° 27·0′	16° 30·5′	16° 33·0′	16° 35·0′	.	.	.	.	.	.
	16 22·0	16 24·0	16 27·5	16 30·0	16 33·0	16 34·5	.	.	.	.	.	.
	16 24·5	16 26·5	16 29·0	16 31·0	16 33·5	16 35·5	.	.	.	.	.	.
	16 24·0	16 26·5	16 29·0	16 31·0	16 34·0	16 37·0	.	.	.	.	.	.
	16 25·5	16 27·5	16 30·0	16 31·5	16 34·5	16 37·5	.	.	.	.	.	.
Mittel:	16° 23·7′	16° 25·8′	16° 28·5′	16° 30·8′	16° 33·2′	16° 35·9′	1·3326	1·3333	1·3342	1·3349	1·3357	1·3366
Mittel aus 10 Beobachtungen:							1·3321	1·3329	1·3337	1·3344	1·3353	1·3360

TAB. II.

Salzsäure.

0·1 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_H	ω_B	ω_G	ω_D	ω_E	ω_S	N_H	N_B	N_G	N_D	N_E	N_S
		Stellung A:											
25° C.	1·0220	16° 48·0′	16° 50·5′	16° 54·3′	16° 56·0′	16° 58·5′	17° 2·5′	.	.		.	.	.
	1·0200	16 49·5	16 51·5	16 55·0	16 55·5	16 58·0	17 2·5	.	.	.	.	.	.
	1·0210	16 49·0	16 51·5	16 54·0	16 55·0	17 0·5	17 1·5	.	.	.	.	.	.
	1·0215	16 49·0	16 50·5	16 53·0	16 57·0	17 0·0	17 1 0	.	.	.	.	.	.
	1·0205	16 50·0	16 52·0	16 52·5	16 56·5	17 0·5	17 2·5	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0210	16° 49·1′	16° 51·2′	16° 54·2′	16° 56·0′	16° 59·5′	17° 2·0′	1·3409	1·3415	1·3425	1·3431	1·3443	1·3451
		Stellung B:											
25° C.	1·0220	16° 51·5′	16° 53·5′	16° 57·5′	16° 59·0′	17° 3·0′	17° 4·5′	.	.	.	.	.	.
	1·0200	16 53·5	16 55·5	16 57·0	17 1·0	17 2·5	17 5·5	.	.	.	.	.	.
	1·0210	16 52·5	16 54·5	16 58·0	17 0·0	17 2·0	17 5·0	.	.	.	.	.	.
	1·0215	16 51·0	16 53·0	16 56·5	17 0·5	17 1·5	17 4·0	.	.	.	.	.	.
	1·0205	16 51·5	16 56·0	16 57·5	17 0·0	17 3·5	17 6·0	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0210	16° 52·0′	16° 54·5′	16° 57·3′	17° 0·1′	17° 2·5′	17° 5·0′	1·3418	1·3427	1·3436	1·3444	1·3452	1·3460
						Mittel aus allen 10 Beobachtungen:		1·3413	1·3421	1·3430	1·3437	1·3447	1·3455

TAB. III.

0·2 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_a	ω_b	ω_c	ω_D	ω_e	ω_f	ω_g	N_a	N_b	N_c	N_D	N_e	N_f	N_g
		Stellung A:													
26° C.	1·0400	17° 18·0′	17° 21·0′	17° 23·5′	17° 26·0′	17° 29·0′	17° 31·5′	17° 34·5′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0395	17 16·0	17 19·5	17 22·5	17 25·5	17 28·5	17 31·5	17 33·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0415	17 16·5	17 19·5	17 23·0	17 24·5	17 27·0	17 30·0	17 33·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0415	17 15·5	17 18·5	17 20·0	17 24·0	17 26·5	17 30·5	17 32·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0405	17 17·0	17 19·0	17 21·5	17 24·0	17 27·5	17 29·0	17 32·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0406	17° 16·1′	17° 19·7′	17° 22·1′	17° 24·8′	17° 27·7′	17° 30·5′	17° 33·2′	1·3499	1·3508	1·3516	1·3525	1·3534	1·3543	1·3553
		Stellung B:													
26° C.	1·0400	17° 18·0′	17° 21·0′	17° 24·0′	17° 26·0′	17° 29·5′	17° 33·0′	17° 36·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0395	17 16·5	17 20·0	17 23·0	17 25·5	17 28·5	17 32·5	17 36·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0415	17 20·5	17 23·0	17 25·5	17 27·5	17 31·0	17 33·5	17 36·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0415	17 19·0	17 22·5	17 25·5	17 26·5	17 29·0	17 32·5	17 34·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0405	17 20·0	17 21·0	17 23·5	17 25·5	17 28·5	17 32·0	17 33·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0406	17° 18·3′	17° 21·5′	17° 21·3′	17° 26·2′	17° 29·3′	17° 32·7′	17° 35·2′	1·3505	1·3514	1·3523	1·3529	1·3539	1·3551	1·3558
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·3502	1·3511	1·3519	1·3527	1·3538	1·3546	1·3555

TAB. IV

0·3 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_α	ω_β	ω_γ	ω_δ	ω_ε	ω_ζ	ω_ϑ	N_α	N_β	N_γ	N_δ	N_ε	N_ζ	N_ϑ
		Stellung A:													
23° C.	1·0585	17° 46·0′	17° 49·0′	17° 52·0′	17° 53·5′	17° 55·5′	17° 59·0′	18° 2·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0600	17 44·0	17 48·0	17 51·5	17 53·0	17 56·0	17 59·0	18 3·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0590	17 44·5	17 47·0	17 50·5	17 53·0	17 56·5	18 0·5	18 3·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0605	17 41·5	17 46·0	17 49·5	17 52·0	17 54·5	17 57·5	18 1·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0595	17 43·0	17 47·5	17 51·0	17 54·0	17 55·5	17 58·5	18 1·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0595	17° 44·0′	17° 47·5′	17° 50·9′	17° 53·1′	17° 55·6′	17° 58·9′	18° 2·1′	1·3587	1·3598	1·3609	1·3616	1·3624	1·3635	1·3642
		Stellung B:													
23° C.	1·0585	17° 46·5′	17° 49·5′	17° 51·5′	17° 52·5′	17° 56·5′	17° 59·5′	18° 3·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0600	17 47·5	17 50·0	17 51·0	17 53·5	17 57·0	18 0·0	18 3·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0590	17 47·5	17 50·5	17 53·0	17 55·5	17 59·0	18 1·5	18 3·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0605	17 44·5	17 47·0	17 50·5	17 54·0	17 56·5	18 0·5	18 3·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0595	17 44·0	17 47·5	17 51·0	17 54·5	17 56·5	17 59·5	18 2·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0595	17° 45·8′	17° 48·7′	17° 51·4′	17° 54·0′	17° 57·1′	18° 0·2′	18° 3·1′	1·3592	1·3602	1·3611	1·3619	1·3629	1·3639	1·3648
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·3590	1·3600	1·3610	1·3617	1·3627	1·3637	1·3645

TAB. V.

0·4 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_B	ω_C	ω_D	ω_E	ω_F	ω_G	N_B	N_C	N_D	N_E	N_F	N_G
		Stellung A:											
24° C.	1·0780	18° 10·0′	18° 13·5′	18° 16·5′	18° 19·0′	18° 21·5′	18° 25·5′	18° 29·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0770	18 10·5	18 13·5	18 15·0	18 18·0	18 21·0	18 25·0	18 28·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0785	18 11·0	18 14·0	18 17·5	18 20·5	18 23·5	18 27·0	18 31·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0760	18 11·5	18 15·0	18 16·5	18 19·0	18 21·0	18 24·0	18 26·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0775	18 10·0	18 14·5	18 17·5	18 20·5	18 23·5	18 26·5	18 28·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0774	18° 10·6′	18° 14·1′	18° 16·6′	18° 19·4′	18° 22·1′	18° 25·6′	18° 28·5′	1·3673	1·3684	1·3692	1·3701	1·3710	1·3721	1·3730
		Stellung B:											
24° C.	1·0780	18° 13·0′	18° 15·5′	18° 18·0′	18° 20·5′	18° 23·5′	18° 27·0′	18° 30·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0770	18 14·0	18 16·5	18 18·5	18 21·5	18 24·5	18 28·0	18 31·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0785	18 13·0	18 15·5	18 18·0	18 20·0	18 22·5	18 25·5	18 29·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0760	18 12·5	18 15·0	18 17·0	18 19·5	18 22·5	18 26·5	18 30·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0775	18 13·5	18 17·0	18 20·0	18 22·5	18 25·0	18 28·0	18 32·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0774	18° 13·2′	18° 15·9′	18° 18·3′	18° 20·8′	18° 23·6′	18° 27·0′	18° 30·5′	1·3681	1·3689	1·3697	1·3705	1·3714	1·3725	1·3737
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·3677	1·3686	1·3695	1·3703	1·3714	1·3723	1·3733

TAB. VI.

0·5 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_A	ω_B	ω_C	ω_D	ω_E	ω_F	ω_G	N_A	N_B	N_C	N_D	N_E	N_F	N_G
		Stellung A:													
24° C.	1·0950	18° 34·0′	18° 37·0′	18° 39·5′	18° 43·5′	18° 47·0′	18° 49·5′	18° 52·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0960	18 33·0	18 36·0	18 38·0	18 42·0	18 45·5	18 49·0	18 52·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0955	18 35·0	18 37·0	18 39·5	18 43·0	18 46·0	18 49·0	18 51·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0950	18 34·0	18 37·5	18 40·0	18 44·0	18 46·5	18 49·5	18 52·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0955	18 34·5	18 37·5	18 41·0	18 43·5	18 47·5	18 50·5	18 53·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0954	18° 34·1′	18° 37·0′	18° 39·6′	18° 43·2′	18° 46·5′	18° 49·5′	18° 52·3′	1·3748	1·3757	1·3766	1·3777	1·3788	1·3798	1·3807
		Stellung B:													
24° C.	1·0950	18° 38·5′	18° 41·0′	18° 43·5′	18° 46·5′	18° 49·0′	18° 51·0′	18° 53·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·0960	18 38·5	18 42·5	18 44·5	18 47·0	18 50·5	18 53·0	18 54·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·0955	18 39·0	18 41·0	18 43·0	18 45·0	18 47·5	18 51·0	18 54·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0950	18 37·5	18 41·0	18 43·0	18 46·0	18 49·5	18 52·5	18 56·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·0955	18 40·0	18 43·0	18 45·5	18 48·5	18 52·0	18 55·0	18 58·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·0954	18° 38·7′	18° 41·7′	18° 43·9′	18° 46·6′	18° 49·7′	18° 52·5′	18° 55·1′	1·3763	1·3773	1·3779	1·3788	1·3798	1·3807	1·3816
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·3755	1·3765	1·3774	1·3783	1·3793	1·3803	1·3812

TAB. VII.

0·6 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_α	ω_β	ω_γ	ω_δ	ω_ε	ω_ζ	ω_η	ω_ϑ	N_α	N_β	N_γ	N_δ	N_ε	N_ζ	N_η
		Stellung A:														
26° C.	1·1135	18° 59·0′	19° 1·5′	19° 6·0′	19° 8·5′	19° 11·5′	19° 14·5′	19° 18·0′		.	.	.	.	.	.	.
	1·1130	19 0·5	19 2·5	19 6·5	19 8·5	19 12·0	19 15·5	19 18·5		.	.	.	.	.	.	.
	1·1140	18 57·0	19 0·0	19 5·5	19 8·0	19 11·5	19 15·5	19 17·5		.	.	.	.	.	.	.
	1·1140	18 59·5	19 1·5	19 3·0	19 6·5	19 10·0	19 13·5	19 16·5		.	.	.	.	.	.	.
	1·1130	18 57·5	18 59·5	19 3·5	19 7·0	19 10·5	19 14·0	19 17·5		.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1135	18° 58·9′	19° 1·4′	19° 4·9′	19° 7·7′	19° 11·1′	19° 14·6′	19° 17·6′		1·3828	1·3836	1·3847	1·3856	1.3867	1·3878	1·3888
		Stellung B:														
26° C.	1·1135	19° 4·0′	19° 7·0′	19° 11·0′	19° 14·0′	19° 17·5′	19° 20·0′	19° 22·5′		.	.	.	.	.	.	.
	1·1130	19 3·5	19 6·0	19 10·0	19 13·5	19 17·5	19 20·5	19 23·0		.	.		.	.	.	.
	1·1140	19 4·5	19 6·5	19 10·5	19 12·0	19 15·0	19 19·0	19 22·0		.	.	.	.	.	.	.
	1·1140	19 5·5	19 8·0	19 11·0	19 16·0	19 19·0	19 20·5	19 24·0		.	.	.	.	.	.	.
	1·1130	19 5·5	19 8·0	19 10·5	19 14·5	19 18·0	19 19·5	19 22·0		.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1135	19° 4·6′	19° 7·1′	19° 10·6′	19° 14·0′	19° 17·4′	19° 19·9′	19° 22·7′		1·3850	1·3859	1·3867	1·3877	1·3888	1·3896	1·3906
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:										1·3839	1·3848	1·3857	1·3867	1·3878	1·3887	1·3897

TAB. VIII.

0·7 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_α	ω_β	ω_γ	ω_δ	ω_ε	ω_ζ	ω_η	N_α	N_β	N_γ	N_δ	N_ε	N_ζ	N_η
		Stellung A:													
25° C.	1·1310	19° 25·0′	19° 28·5′	19° 31·0′	19° 34·5′	19° 38·0′	19° 40·5′	19° 43·5′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1305	19 25·5	19 28·5	19 32·0	19 35·5	19 40·0	19 42·0	19 45·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1330	19 23·0	19 26·5	19 29·0	19 33·0	19 37·5	19 39·0	19 42·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1325	19 26·5	19 28·0	19 31·5	19 33·5	19 38·5	19 41·5	19 44·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1300	19 26·0	19 30·0	19 32·5	19 33·0	19 39·5	19 42·5	19 45·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1314	19° 25·2′	19° 28·3′	19° 31·2′	19° 34·3′	19° 38·7′	19° 41·2′	19° 44·0′	1·3913	1·3923	1·3932	1·3942	1·3954	1·3964	1·3973
		Stellung B:													
25° C.	1·1310	19° 29·0′	19° 32·0′	19° 34·5′	19° 38·0′	19° 41·5′	19° 44·5′	19° 49·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1305	19 29·5	19 32·5	19 36·0	19 39·0	19 42·5	19 46·0	19 51·0		.	.	.	.	.	.
	1·1330	19 30·0	19 33·0	19 37·0	19 39·5	19 44·0	19 47·0	19 51·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1325	19 28·5	19 31·0	19 34·0	19 37·0	19 40·0	19 42·5	19 47·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1300	19 31·0	19 33·5	19 36·0	19 40·0	19 43·0	19 45·0	19 50·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1314	19° 29·6′	19° 32·4′	19° 35·5′	19° 38·7′	19° 42·2′	19° 45·0′	19° 49·7′	1·3927	1·3936	1·3946	1·3956	1·3967	1·3975	1·3988
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·3920	1·3929	1·3939	1·3949	1·3960	1·3969	1·3981

TAB. IX.

0·8 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_α	ω_β	ω_γ	ω_δ	ω_ε	ω_ζ	ω_η	N_α	N_β	N_γ	N_δ	N_ε	N_ζ	N_η
		Stellung A:													
24° C.	1·1475	19° 48·0′	19° 50·5′	19° 53·0′	19° 56·5′	19° 59·0′	20° 3·5′	20° 7·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1480	19 47·0	19 49·0	19 53·5	19 57·5	20 1·5	20 5·0	20 8·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1470	19 49·0	19 51·0	19 55·5	19 57·0	20 0·5	20 4·0	20 8·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1490	19 45·5	19 49·5	19 51·5	19 54·5	20 0·0	20 3·5	20 7·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1485	19 47·0	19 50·5	19 54·5	19 58·0	19 59·5	20 2·0	20 5·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1480	19° 47·3′	19° 50·1′	19° 53·6′	19° 56·7′	20° 0·1′	20° 3·6′	20° 7·3′	1·3983	1·3992	1·4003	1·4013	1·4024	1·4035	1·4047
		Stellung B:													
24° C.	1·1475	19° 50·0′	19° 54·0′	19° 56·5′	20° 0·0′	20° 4·0′	20° 8·0′	20° 11·5′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1480	19 49·5	19 54·5	19 56·0	20 0·5	20 4·5	20 8·5	20 12·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1470	19 51·5	19 55·0	19 57·5	20 0·5	20 5·0	20 8·5	20 10·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1490	19 53·0	19 56·0	19 59·5	20 2·5	20 6·0	20 9·5	20 11·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1485	19 53·0	19 55·0	19 58·5	20 2·0	20 5·0	20 9·0	20 14·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1480	19° 51·4′	19° 54·9′	19° 57·6′	20° 1·1′	20° 4·9′	20° 8·7′	20° 11·8′	1·3997	1·4007	1·4016	1·4027	1·4039	1·4050	1·4061
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·3990	1·4000	1·4009	1·4020	1·4032	1·4042	1·4054

TAB. X.

0·9 Concentration.

Temp.	Dichte	ω_α	ω_β	ω_ε	ω_D	ω_γ	ω_δ	ω_ϑ	N_α	N_β	N_ε	N_D	N_γ	N_δ	N_ϑ
		Stellung A:													
23° C.	1·1660	20° 11·0′	20° 14·5′	20° 18·0′	20° 20·5′	20° 25·0′	20° 29·0′	20° 32·5′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1640	20 10·0	20 13·0	20 15·0	20 19·0	20 23·0	20 26·5	20 32·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1650	20 10·0	20 13·0	20 16·5	20 20·5	20 24·0	20 27·0	20 33·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1660	20 13·5	20 15·5	20 18·5	20 22·0	20 25·0	20 30·5	20 34·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1655	20 13·0	20 17·0	20 19·5	20 23·0	20 27·0	20 30·0	20 33·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1653	20° 11·5′	20° 14·6′	20° 17·5′	20° 21·0′	20° 24·8′	20° 28·6′	20° 33·0′	1·4039	1·4070	1·4079	1·4091	1·4102	1·4114	1·4128
		Stellung B:													
23° C.	1·1660	20° 13·0′	20° 18·5′	20° 21·0′	20° 24·5′	20° 29·5′	20° 32·5′	20° 36·5′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1640	20 13·5	20 19·0	20 20·5	20 24·0	20 28·5	20 32·5	20 36·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1650	20 16·5	20 18·5	20 22·5	20 25·5	20 29·0	20 32·0	20 35·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1660	20 13·0	20 19·5	20 22·0	20 26·0	20 30·0	20 33·0	20 36·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1655	20 13·0	20 19·0	20 21·5	20 24·0	20 30·0	20 34·0	20 38·0	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1653	20° 15·4′	20° 18·9′	20° 21·5′	20° 24·8′	20° 29·4′	20° 32·8′	20° 36·3′	1·4072	1·4083	1·4093	1·4102	1·4117	1·4127	1·4138
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·4066	1·4077	1·4086	1·4097	1·4110	1·4120	1·4133

TAB. XI.

Concentrirte.

Temp.	Dichte	ω_α	ω_B	ω_G	ω_D	ω_ε	ω_β	ω_ϑ	N_α	N_B	N_G	N_D	N_ε	N_β	N_ϑ
		Stellung A:													
23° C.	1·1835	20° 36·0′	20° 39·5′	20° 43·0′	20° 46·5′	20° 51·0′	20° 54·5′	20° 59·5′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1830	20 35·0	20 38·5	20 41·5	20 45·0	20 48·5	20 52·5	20 56·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1820	20 35·5	20 39·0	20 42·5	20 45·5	20 49·0	20 52·5	20 56·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1815	20 33·0	20 35·5	20 39·0	20 43·5	20 47·0	20 50·5	20 54·0	.	.	.	.	.	.	.
	1·1825	20 35·0	20 38·0	20 41·0	20 44·5	20 47·5	20 52·0	20 54·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1825	20° 34·9′	20° 38·1′	20° 41·4′	20° 45·0′	20° 48·6′	20° 52·0′	20° 56·0′	1·4134	1·4145	1·4155	1·4166	1·4178	1·4189	1·4201
		Stellung B:													
23° C.	1·1835	20° 39·5′	20° 43·0′	20° 45·5′	20° 49·5′	20° 53·0′	20° 57·0′	21° 0·0′	.	.	.	.	.	.	.
	1·1830	20 38·0	20 40·5	20 44·5	20 48·5	20 52·0	20 55·5	20 59·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1820	20 38·0	20 41·5	20 44·5	20 48·5	20 51·5	20 55·0	20 57·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1815	20 39·5	20 43·5	20 46·5	20 50·0	20 54·5	20 59·0	21 2·5	.	.	.	.	.	.	.
	1·1825	20 41·0	20 44·5	20 47·5	20 51·5	20 55·0	20 59·0	21 2·5	.	.	.	.	.	.	.
Mittel:	1·1825	20° 39·2′	20° 42·6′	20° 45·7′	20° 49·6′	20° 53·2′	20° 57·1′	21° 0·4′	1·4148	1·4159	1·4169	1·4181	1·4193	1·4205	1·4215
Mittel aus allen 10 Beobachtungen:									1·4141	1·4152	1·4162	1·4173	1·4186	1·4197	1·4208

A. Mittelwerthe für Salzsäure und Wasser.

Concentration	Temp.	Dichte	N_α	N_β	N_γ	N_δ	N_ε	N_ζ	N_η
1·0	23° C.	1·1825	1·4141	1·4152	1·4162	1·4173	1·4186	1·4197	1·4208
0·9	23	1·1653	1·4066	1·4077	1·4086	1·4097	1·4110	1·4120	1·4133
0·8	24	1·1480	1·3990	1·4000	1·4009	1·4020	1·4032	1·4042	1·4054
0·7	24	1·1314	1·3920	1·3929	1·3939	1·3949	1·3960	1·3969	1·3981
0·6	26	1·1135	1·3839	1·3848	1·3857	1·3867	1·3878	1·3887	1·3897
0·5	24	1·0954	1·3755	1·3765	1·3774	1·3783	1·3793	1·3803	1·3812
0·4	24	1·0774	1·3677	1·3686	1·3695	1·3703	1·3714	1·3723	1·3733
0·3	23	1·0595	1·3590	1·3600	1·3610	1·3617	1·3627	1·3637	1·3645
0·2	26	1·0406	1·3502	1·3511	1·3519	1·3527	1·3538	1·3546	1·3555
0·1	25	1·0210	1·3413	1·3421	1·3430	1·3437	1·3447	1·3455	.
0·0	23	1·0000	1·3321	1·3329	1·3337	1·3344	1·3353	1·3360	.

B. Mittelwerthe für Salmiaklösung.

Concentration	Temp.	Dichte	N_α	N_β	N_γ	N_δ	N_ε	N_ζ
1·0	16°5 C.	1·0710	1·3809	1·3818	1·3827	1·3837	1·3846	1·3854
0·9	16	1·0676	1·3765	1·3774	1·3782	1·3790	1·3799	1·3807
0·8	17	1·0641	1·3732	1·3741	1·3748	1·3757	1·3766	1·3776
0·7	16	1·0540	1·3656	1·3665	1·3673	1·3682	1·3691	1·3700
0·6	16	1·0470	1·3617	1·3625	1·3634	1·3643	1·3652	1·3661
0·5	18	1·0414	1·3567	1·3577	1·3586	1·3595	1·3602	1·3609
0·4	20	1·0340	1·3527	1·3535	1·3543	1·3550	1·3557	1·3566
0·3	18	1·0271	1·3477	1·3485	1·3492	1·3501	1·3510	1·3518
0·2	19	1·0200	1·3426	1·3434	1·3441	1·3450	1·3458	1·3466
0·1	19·5	1·0098	1·3383	1·3392	1·3399	1·3406	1·3413	1·3420
0·0	20	1·0000	1·3313	1·3320	1·3327	1·3335	1·3343	1·3351

Aus den Werthen der vorstehenden Tabellen suchten wir nach den schon öfter gebrauchten Formeln:

$$\delta = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2 - (v_1 + v_2) D}{v_1 v_2 D}$$

$$\vartheta = \frac{N(v_1 + v_2 + v_1 v_2 \delta) - (v_1 n_1 + v_2 n_2)}{v_1 n_1 v_2 n_2}$$

$$\frac{\delta}{\theta} = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2 - (v_1 + v_2) D}{N(v_1 + v_2 + v_1 v_2 \delta) - (v_1 n_1 + v_2 n_2)} \cdot \frac{n_1 n_2}{D}$$

oder den symmetrischeren:

$$\theta = \frac{N(v_1 d_1 + v_2 d_2) - D(v_1 n_1 + v_2 n_2)}{v_1 v_2 n_1 n_2 D}$$

$$\frac{\delta}{\theta} = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2 - (v_1 + v_2) D}{N(v_1 d_1 + v_2 d_2) - D(v_1 n_1 + v_2 n_2)} \cdot n_1 n_2$$

die Werthe von δ und θ. Folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung derselben.

Werthe der δ und θ für alle Concentrationsgrade der Salzsäure.

Concentration	δ	θ_{18}	θ_{15}	θ_{12}	θ_{9}	θ_{6}	θ_{3}	θ_{0}
0·9	—0·0100	—0·0034	—0·0032	—0·0036	—0·0034	—0·0032	—0·0035	—0·0034
0·8	—0·0109	—0·0038	—0·0039	—0·0041	—0·0039	—0·0039	—0·0040	—0·0039
0·7	—0·0154	—0·0050	—0·0053	—0·0052	—0·0051	—0·0053	—0·0055	—0·0052
0·6	—0·0147	—0·0050	—0·0052	—0·0052	—0·0051	—0·0052	—0·0053	—0·0052
0·5	—0·0151	—0·0060	—0·0059	—0·0059	—0·0059	—0·0061	—0·0059	—0·0059
0·4	—0·0170	—0·0062	—0·0062	—0·0062	—0·0063	—0·0062	—0·0061	—0·0062
0·3	—0·0214	—0·0096	—0·0093	—0·0090	—0·0092	—0·0093	—0·0088	—0·0092
0·2	—0·0246	—0·0120	—0·0119	—0·0120	—0·0120	—0·0115	—0·0115	—0·0118
0·1	—0·0299	—0·0154	—0·0155	—0·0151	—0·0153	—0·0150	—0·0150	—0·0152

Werthe der δ und θ für alle Concentrationsgrade von Salmiaklösung.

Concentration	δ	θ_{18}	θ_{15}	θ_{12}	θ_{9}	θ_{6}	θ_{3}	θ_{0}
0·9	—0·0385	—0·0254	—0·0253	—0·0258	—0·0269	—0·0268	—0·0267	—0·0262
0·8	—0·0429	—0·0245	—0·0243	—0·0249	—0·0251	—0·0250	—0·0243	—0·0247
0·7	—0·0194	—0·0155	—0·0154	—0·0155	—0·0155	—0·0154	—0·0152	—0·0154
0·6	—0·0175	—0·0113	—0·0116	—0·0114	—0·0114	—0·0113	—0·0111	—0·0114
0·5	—0·0227	—0·0154	—0·0150	—0·0148	—0·0147	—0·0151	—0·0153	—0·0151
0·4	—0·0226	—0·0131	—0·0130	—0·0130	—0·0134	—0·0137	—0·0134	—0·0133
0·3	—0·0269	—0·0158	—0·0157	—0·0158	—0·0157	—0·0155	—0·0155	—0·0157
0·2	—0·0355	—0·0212	—0·0211	—0·0212	—0·0210	—0·0210	—0·0211	—0·0211
0·1	—0·0297	.	.	.	.	.	.	.

Mittelwerthe der $\frac{\delta}{\theta}$ für alle Concentrationsgrade der Salzsäure.

Concentration	$\frac{\delta}{\theta_a}$	$\frac{\delta}{\theta_b}$	$\frac{\delta}{\theta_c}$	$\frac{\delta}{\theta_D}$	$\frac{\delta}{\theta_e}$	$\frac{\delta}{\theta_g}$	$\frac{\delta}{\theta_H}$
0·9	2·98	3·15	2·74	2·94	3·16	2·85	2·97
0·8	2·88	2·78	2·65	2·82	2·77	2·73	2·78
0·7	3·05	2·90	2·97	3·01	2·88	2·78	2·93
0·6	2·92	2·83	2·81	2·87	2·83	2·77	2·84
0·5	2·54	2·58	2·58	2·58	2·49	2·58	2·56
0·4	2·76	2·74	2·77	2·71	2·74	2·79	2·76
0·3	2·23	2·30	2·39	2·31	2·30	2·42	2·32
0·2	2·05	2·08	2·06	2·06	2·14	2·15	2·09
0·1	1·94	1·92	1·98	1·95	2·00	2·05	1·97

Mittelwerthe der $\frac{\delta}{\theta}$ für alle Concentrationsgrade von Salmiaklösung.

Concentration	$\frac{\delta}{\theta_a}$	$\frac{\delta}{\theta_b}$	$\frac{\delta}{\theta_c}$	$\frac{\delta}{\theta_D}$	$\frac{\delta}{\theta_e}$	$\frac{\delta}{\theta_g}$	$\frac{\delta}{\theta_H}$
0·9	1·51	1·52	1·49	1·43	1·44	1·45	1·47
0·8	1·75	1·76	1·72	1·71	1·72	1·76	1·74
0·7	1·25	1·26	1·26	1·25	1·26	1·28	1·26
0·6	1·55	1·51	1·54	1·54	1·55	1·58	1·55
0·5	1·47	1·51	1·54	1·54	1·51	1·48	1·51
0·4	1·73	1·73	1·74	1·69	1·63	1·68	1·70
0·3	1·70	1·72	1·70	1·71	1·73	1·74	1·72
0·2	1·67	1·69	1·68	1·69	1·69	1·69	1·69
0·1	.	.	.	.	.	.	.

Man sieht aus diesen Tabellen, dass sich die Salzsäure ganz anders verhält als die früher gemessenen Säuren [1]). Das Verhältniss $\frac{\delta}{\theta}$ ist variabel und schwankt nicht mehr um die Zahl 2; doch sieht man deutlich ein Abnehmen dieses Verhältnisses gegen die niederen Concentrationsgrade. Auch die δ und θ nehmen, ganz ver-

[1]) Sitzungsberichte, XXX, S. 389.

schieden von den früheren Beobachtungsreihen, bei den niederen Concentrationsgraden zu und die θ zeigen nur in letzteren eine Abnahme von einer Linie zur anderen, während in den höheren sogar eine beständige Zunahme stattfindet.

Um nun die Veränderungen, welche alle angegebenen Zahlen durch die möglichen Fehler der Beobachtung erlitten haben können, zu ermitteln, bedienten wir uns derselben Formeln, welche in der früheren Abhandlung angegeben wurden; sie lauten nach einigen weiteren Transformationen, durch welche sie in vieler Hinsicht zur Berechnung bequemer werden:

$$\Delta\delta = \frac{D-d_2}{v_1^2 D}\Delta v_1 - \frac{d_1-D}{v_2^2 D}\Delta v_2 + \frac{1}{v_1 v_2 D}[v_1\Delta d_1 + v_2\Delta d_2] - \frac{v_1+v_2+\delta v_1 v_2}{v_1 v_2 D}\Delta D$$

$$\Delta\theta = \frac{n_2 D - N d_2}{v_1^2 n_1 n_2 D}\Delta v_1 - \frac{N d_1 - n_1 D}{v_2^2 n_1 n_2 D}\Delta v_2 + \frac{N}{v_1 v_2 n_1 n_2 D}[v_1\Delta d_1 + v_2\Delta d_2] - \frac{N(v_1+v_2+\delta v_1 v_2)}{v_1 v_2 n_1 n_2 D}\Delta D - \frac{1+v_2 n_2\theta}{v_2 n_1 n_2}\Delta n_1 - \frac{1+v_1 n_1\theta}{v_1 n_1 n_2}\Delta n_2 + \frac{v_1+v_2+\delta v_1 v_2}{v_1 v_2 n_1 n_2}\Delta N$$

$$\Delta\frac{\delta}{\theta} = \frac{(n_2 D - N d_2) - (n_2 d_1 - n_1 d_2) + (N d_1 - n_1 D)}{n_1 n_2 D (v_1 v_2\theta)^2}[v_2\Delta v_1 - v_1\Delta v_2] - \frac{N\frac{\delta}{\theta} - n_1 n_2}{v_1 v_2 n_1 n_2\theta D}[v_1\Delta d_1 + v_2\Delta d_2 - (v_1+v_2+\delta v_1 v_2)\Delta D] + \frac{(1+v_2 n_2\theta)}{v_2 n_1 n_2}\cdot\frac{\delta}{\theta^2}\Delta n_1 + \frac{(1+v_1 n_1\theta)}{v_1 n_1 n_2}\cdot\frac{\delta}{\theta^2}\Delta n_2 - \frac{(v_1+v_2+\delta v_1 v_2)}{n_1 n_2 v_1 v_2}\cdot\frac{1}{\theta^2}\Delta N.$$

Mit den in früherer Tabelle angegebenen Werthen berechneten wir die Coëfficienten dieser Differenzengleichungen und zwar die der

$\Delta\theta$ und $\Delta\frac{\delta}{\theta}$ für die Linien $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{F}$, weil betreffende Coëfficienten wegen der bedeutenden Änderungen der θ in den verschiedenen Linien sich auch bedeutend ändern. Man findet dabei Tabellen, wie die S. 423 ff. der früheren Abhandlung angegebenen, wobei wir nur bemerken, dass bei Salzsäure wegen der Zunahme der δ und θ von den höheren zu den niederen Concentrationsgraden die grössten Fehler nicht wie bei SO_3 und NO_5 in den niedersten, sondern in den höchsten Concentrationsgraden begangen werden.

Wir führen die ausführliche Discussion dieser Fehlergleichungen nur an Salzsäure durch, um die Arbeit nicht zu sehr zu vergrössern, und bemerken zu den Salmiaklösungen, dass bei ihnen, da die Genauigkeit der Dichten und Brechungsexponenten der bei Cl. H erreichten wenig nachsteht, die Contractions- und Retardations-Coëfficienten aber weit grösser sind, die Beobachtungsfehler einen weit geringeren Einfluss ausüben.

Salzsäure.

Tabelle I.

Die Fehler in δ:

Concentration	$\Delta\delta =$
0·9	$0{\cdot}18\,\Delta v_1 - 1{\cdot}48\,\Delta r_2 + 8{\cdot}59\,\Delta d_1 + 0{\cdot}95\,\Delta d_2 - 9{\cdot}53\,\Delta D$
0·8	$0{\cdot}20\,\Delta r_1 - 0{\cdot}75\,\Delta v_2 + 4{\cdot}35\,\Delta d_1 + 1{\cdot}09\,\Delta d_2 - 5{\cdot}43\,\Delta D$
0·7	$0{\cdot}24\,\Delta r_1 - 0{\cdot}51\,\Delta v_2 + 2{\cdot}95\,\Delta d_1 + 1{\cdot}26\,\Delta d_2 - 4{\cdot}20\,\Delta D$
0·6	$0{\cdot}28\,\Delta r_1 - 0{\cdot}39\,\Delta v_2 + 2{\cdot}24\,\Delta d_1 + 1{\cdot}50\,\Delta d_2 - 3{\cdot}73\,\Delta D$
0·5	$0{\cdot}35\,\Delta r_1 - 0{\cdot}32\,\Delta v_2 + 1{\cdot}83\,\Delta d_1 + 1{\cdot}82\,\Delta d_2 - 3{\cdot}64\,\Delta D$
0·4	$0{\cdot}45\,\Delta r_1 - 0{\cdot}27\,\Delta v_2 + 1{\cdot}55\,\Delta d_1 + 2{\cdot}32\,\Delta d_2 - 3{\cdot}85\,\Delta D$
0·3	$0{\cdot}62\,\Delta r_1 - 0{\cdot}24\,\Delta r_2 + 1{\cdot}35\,\Delta d_1 + 3{\cdot}15\,\Delta d_2 - 4{\cdot}48\,\Delta D$
0·2	$0{\cdot}96\,\Delta r_1 - 0{\cdot}21\,\Delta v_2 + 1{\cdot}20\,\Delta d_1 + 4{\cdot}81\,\Delta d_2 - 5{\cdot}99\,\Delta D$
0·1	$2{\cdot}06\,\Delta r_1 - 0{\cdot}20\,\Delta v_2 + 1{\cdot}09\,\Delta d_1 + 9{\cdot}80\,\Delta d_2 - 10{\cdot}86\,\Delta D$

Tabelle II.

Fehler in θ für das Liniensystem $\mathfrak{A}$ des Spectrums:

Concentration	$\Delta\,\theta_a =$
0·9	$0{\cdot}08\,\Delta v_1 - 0{\cdot}71\,\Delta v_2 + 6{\cdot}41\,\Delta d_1 + 0{\cdot}71\,\Delta d_2 - 7{\cdot}11\,\Delta D - 5{\cdot}31\,\Delta n_1 - 0{\cdot}59\,\Delta n_2 + 5{\cdot}89\,\Delta N$
0·8	$0{\cdot}09\,\Delta v_1 - 0{\cdot}36\,\Delta v_2 + 3{\cdot}23\,\Delta d_1 + 0{\cdot}81\,\Delta d_2 - 4{\cdot}04\,\Delta D - 2{\cdot}65\,\Delta n_1 - 0{\cdot}66\,\Delta n_2 + 3{\cdot}31\,\Delta N$
0·7	$0{\cdot}11\,\Delta v_1 - 0{\cdot}24\,\Delta v_2 + 2{\cdot}18\,\Delta d_1 + 0{\cdot}93\,\Delta d_2 - 3{\cdot}10\,\Delta D - 1{\cdot}77\,\Delta n_1 - 0{\cdot}76\,\Delta n_2 + 2{\cdot}52\,\Delta N$
0·6	$0{\cdot}13\,\Delta v_1 - 0{\cdot}18\,\Delta v_2 + 1{\cdot}65\,\Delta d_1 + 1{\cdot}10\,\Delta d_2 - 2{\cdot}74\,\Delta D - 1{\cdot}33\,\Delta n_1 - 0{\cdot}88\,\Delta n_2 + 2{\cdot}20\,\Delta N$
0·5	$0{\cdot}16\,\Delta v_1 - 0{\cdot}15\,\Delta v_2 + 1{\cdot}33\,\Delta d_1 + 1{\cdot}34\,\Delta d_2 - 2{\cdot}66\,\Delta D - 1{\cdot}06\,\Delta n_1 - 1{\cdot}06\,\Delta n_2 + 2{\cdot}12\,\Delta N$
0·4	$0{\cdot}21\,\Delta v_1 - 0{\cdot}13\,\Delta v_2 + 1{\cdot}12\,\Delta d_1 + 1{\cdot}68\,\Delta d_2 - 2{\cdot}80\,\Delta D - 0{\cdot}88\,\Delta n_1 - 1{\cdot}32\,\Delta n_2 + 2{\cdot}20\,\Delta N$
0·3	$0{\cdot}29\,\Delta v_1 - 0{\cdot}11\,\Delta v_2 + 0{\cdot}97\,\Delta d_1 + 2{\cdot}27\,\Delta d_2 - 3{\cdot}23\,\Delta D - 0{\cdot}75\,\Delta n_1 - 1{\cdot}76\,\Delta n_2 + 2{\cdot}52\,\Delta N$
0·2	$0{\cdot}44\,\Delta v_1 - 0{\cdot}10\,\Delta v_2 + 0{\cdot}86\,\Delta d_1 + 3{\cdot}45\,\Delta d_2 - 4{\cdot}29\,\Delta D - 0{\cdot}66\,\Delta n_1 - 2{\cdot}65\,\Delta n_2 + 3{\cdot}31\,\Delta N$
0·1	$0{\cdot}98\,\Delta v_1 - 0{\cdot}09\,\Delta v_2 + 0{\cdot}78\,\Delta d_1 + 6{\cdot}98\,\Delta d_2 - 7{\cdot}74\,\Delta D - 0{\cdot}58\,\Delta n_1 - 5{\cdot}30\,\Delta n_2 + 5{\cdot}89\,\Delta N$

Tabelle III.

Fehler in θ für das Liniensystem $\mathfrak{F}$ des Spectrums:

Concentration	$\Delta\,\theta_g =$
0·9	$0{\cdot}08\,\Delta v_1 - 0{\cdot}70\,\Delta v_2 + 6{\cdot}39\,\Delta d_1 + 0{\cdot}71\,\Delta d_2 - 7{\cdot}09\,\Delta D - 5{\cdot}27\,\Delta n_1 - 0{\cdot}58\,\Delta n_2 + 5{\cdot}85\,\Delta N$
0·8	$0{\cdot}09\,\Delta v_1 - 0{\cdot}35\,\Delta v_2 + 3{\cdot}22\,\Delta d_1 + 0{\cdot}81\,\Delta d_2 - 4{\cdot}02\,\Delta D - 2{\cdot}63\,\Delta n_1 - 0{\cdot}66\,\Delta n_2 + 3{\cdot}29\,\Delta N$
0·7	$0{\cdot}11\,\Delta v_1 - 0{\cdot}24\,\Delta v_2 + 2{\cdot}17\,\Delta d_1 + 0{\cdot}93\,\Delta d_2 - 3{\cdot}09\,\Delta D - 1{\cdot}75\,\Delta n_1 - 0{\cdot}75\,\Delta n_2 + 2{\cdot}50\,\Delta N$
0·6	$0{\cdot}13\,\Delta v_1 - 0{\cdot}18\,\Delta v_2 + 1{\cdot}64\,\Delta d_1 + 1{\cdot}10\,\Delta d_2 - 2{\cdot}73\,\Delta D - 1{\cdot}31\,\Delta n_1 - 0{\cdot}88\,\Delta n_2 + 2{\cdot}19\,\Delta N$
0·5	$0{\cdot}16\,\Delta v_1 - 0{\cdot}15\,\Delta v_2 + 1{\cdot}33\,\Delta d_1 + 1{\cdot}33\,\Delta d_2 - 2{\cdot}65\,\Delta D - 1{\cdot}05\,\Delta n_1 - 1{\cdot}05\,\Delta n_2 + 2{\cdot}10\,\Delta N$
0·4	$0{\cdot}21\,\Delta v_1 - 0{\cdot}13\,\Delta v_2 + 1{\cdot}12\,\Delta d_1 + 1{\cdot}68\,\Delta d_2 - 2{\cdot}79\,\Delta D - 0{\cdot}87\,\Delta n_1 - 1{\cdot}31\,\Delta n_2 + 2{\cdot}19\,\Delta N$
0·3	$0{\cdot}28\,\Delta v_1 - 0{\cdot}11\,\Delta v_2 + 0{\cdot}97\,\Delta d_1 + 2{\cdot}26\,\Delta d_2 - 3{\cdot}22\,\Delta D - 0{\cdot}75\,\Delta n_1 - 1{\cdot}75\,\Delta n_2 + 2{\cdot}50\,\Delta N$
0·2	$0{\cdot}45\,\Delta v_1 - 0{\cdot}10\,\Delta v_2 + 0{\cdot}86\,\Delta d_1 + 3{\cdot}43\,\Delta d_2 - 4{\cdot}28\,\Delta D - 0{\cdot}65\,\Delta n_1 - 2{\cdot}63\,\Delta n_2 + 3{\cdot}29\,\Delta N$
0·1	$0{\cdot}96\,\Delta v_1 - 0{\cdot}09\,\Delta v_2 + 0{\cdot}77\,\Delta d_1 + 6{\cdot}96\,\Delta d_2 - 7{\cdot}71\,\Delta D - 0{\cdot}58\,\Delta n_1 - 5{\cdot}27\,\Delta n_2 + 5{\cdot}85\,\Delta N$

Tabelle IV.

Fehler in $\frac{\delta}{\theta}$ für das Liniensystem $\mathfrak{A}$ des Spectrums.

Concentration	$\Delta \frac{\delta}{\theta_a} =$
0·9	$46\,\Delta r_1 - 403\,\Delta r_2 - 3123\,\Delta d_1 - 346\,\Delta d_2 + 3466\,\Delta D - 4699\,\Delta n_1 - 520\,\Delta n_2 + 5219\,\Delta N$
0·8	$43\,\Delta r_1 - 172\,\Delta r_2 - 1310\,\Delta d_1 - 327\,\Delta d_2 + 1634\,\Delta D - 2018\,\Delta n_1 - 502\,\Delta n_2 + 2520\,\Delta N$
0·7	$41\,\Delta r_1 - 96\,\Delta r_2 - 736\,\Delta d_1 - 315\,\Delta d_2 + 1048\,\Delta D - 1072\,\Delta n_1 - 458\,\Delta n_2 + 1530\,\Delta N$
0·6	$46\,\Delta r_1 - 69\,\Delta r_2 - 513\,\Delta d_1 - 342\,\Delta d_2 + 852\,\Delta D - 771\,\Delta n_1 - 513\,\Delta n_2 + 1283\,\Delta N$
0·5	$37\,\Delta r_1 - 37\,\Delta r_2 - 267\,\Delta d_1 - 267\,\Delta d_2 + 533\,\Delta D - 450\,\Delta n_1 - 449\,\Delta n_2 + 900\,\Delta N$
0·4	$53\,\Delta r_1 - 35\,\Delta r_2 - 251\,\Delta d_1 - 377\,\Delta d_2 + 625\,\Delta D - 393\,\Delta n_1 - 591\,\Delta n_2 + 984\,\Delta N$
0·3	$32\,\Delta r_1 - 13\,\Delta r_2 - 88\,\Delta d_1 - 205\,\Delta d_2 + 291\,\Delta D - 175\,\Delta n_1 - 410\,\Delta n_2 + 585\,\Delta N$
0·2	$32\,\Delta r_1 - 8\,\Delta r_2 - 49\,\Delta d_1 - 194\,\Delta d_2 + 243\,\Delta D - 112\,\Delta n_1 - 452\,\Delta n_2 + 564\,\Delta N$
0·1	$45\,\Delta r_1 - 5\,\Delta r_2 - 28\,\Delta d_1 - 250\,\Delta d_2 + 277\,\Delta D - 73\,\Delta n_1 - 669\,\Delta n_2 + 743\,\Delta N$

Tabelle V.

Fehler in $\frac{\delta}{\theta}$ für das Liniensystem $\mathfrak{F}$ des Spectrums:

Concentration	$\Delta\frac{\delta}{\theta_g} =$
0·9	$39\,\Delta v_1 - 352\,\Delta v_2 - 2726\,\Delta d_1 - 303\,\Delta d_2 + 3026\,\Delta D - 4270\,\Delta n_1 - 473\,\Delta n_2 + 4743\,\Delta N$
0·8	$37\,\Delta v_1 - 147\,\Delta v_2 - 1119\,\Delta d_1 - 278\,\Delta d_2 + 1397\,\Delta D - 1803\,\Delta n_1 - 449\,\Delta n_2 + 2252\,\Delta N$
0·7	$32\,\Delta v_1 - 74\,\Delta v_2 - 560\,\Delta d_1 - 240\,\Delta d_2 + 798\,\Delta D - 883\,\Delta n_1 - 377\,\Delta n_2 + 1261\,\Delta N$
0·6	$38\,\Delta v_1 - 59\,\Delta v_2 - 436\,\Delta d_1 - 291\,\Delta d_2 + 725\,\Delta D - 688\,\Delta n_1 - 458\,\Delta n_2 + 1146\,\Delta N$
0·5	$38\,\Delta v_1 - 38\,\Delta v_2 - 274\,\Delta d_1 - 274\,\Delta d_2 + 546\,\Delta D - 463\,\Delta n_1 - 462\,\Delta n_2 + 926\,\Delta N$
0·4	$53\,\Delta v_1 - 36\,\Delta v_2 - 257\,\Delta d_1 - 386\,\Delta d_2 + 640\,\Delta D - 398\,\Delta n_1 - 599\,\Delta n_2 + 998\,\Delta N$
0·3	$39\,\Delta v_1 - 17\,\Delta v_2 - 112\,\Delta d_1 - 262\,\Delta d_2 + 372\,\Delta D - 204\,\Delta n_1 - 479\,\Delta n_2 + 683\,\Delta N$
0·2	$35\,\Delta v_1 - 9\,\Delta v_2 - 56\,\Delta d_1 - 224\,\Delta d_2 + 279\,\Delta D - 122\,\Delta n_1 - 492\,\Delta n_2 + 615\,\Delta N$
0·1	$51\,\Delta v_1 - 6\,\Delta v_2 - 34\,\Delta d_1 - 305\,\Delta d_2 + 338\,\Delta D - 81\,\Delta n_1 - 740\,\Delta n_2 + 822\,\Delta N$

Um aus diesen Tabellen die Grösse des Einflusses der Fehler zu bestimmen, müssen wir zuerst den Werth der mit Δv_1, Δv_2, ... bezeichneten Grössen kennen.

Bei jeder einzelnen Mischung kann man aus Gründen, welche in der früheren Abhandlung angegeben sind, nicht leicht um mehr als $\frac{1}{300}$ des ganzen Volums fehlen. Da wir aber bei Salzsäure von jedem Concentrationsgrade vier Mischungen machten, dann diese zusammengossen und die so entstandene Mischung als fünfte betrachten, kann man wohl sagen, dass im Mittel aller der Fehler $\frac{1}{500}$ gewiss nicht erreicht. Um aber den Einfluss der Fehler eher zu gross als zu klein zu finden, setzen wir

$$\Delta v_1 = 0{\cdot}002$$
$$\Delta v_2 = 0{\cdot}002$$

Hat man m gleich gute Beobachtungen und geben diese für ein und dieselbe Grösse nach einander die Werthe n_1, n_2, ... so ist, wenn man

$$x = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \ldots\ldots}{m}$$

und

$$M = (x - n_1)^2 + (x - n_2)^2 + (x - n_3)^2 + \ldots\ldots$$

setzt, nach der Methode der kleinsten Quadrate der mittlere Fehler Einer Beobachtung:

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\frac{M}{m}},$$

der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{m}} \cdot \sqrt{\frac{M}{m}} = \frac{1}{m}\sqrt{M}$$

und daraus der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtung:

$$r_2 = \rho\sqrt{2} \cdot \varepsilon_2 = \rho\sqrt{\frac{2M}{m}}$$

und endlich der wahrscheinliche Fehler des arithmetischen Mittels:

$$r = \rho\sqrt{2} \cdot \varepsilon = \frac{\rho}{m}\sqrt{2M}$$

wo ρ aus der Gleichung:

$$\int_0^{\rho} e^{-t^2} dt = \frac{1}{4}\sqrt{\pi}$$

zu suchen ist. Man findet:

$$\rho = 0{\cdot}476936.$$

Wir geben hier den mittleren und wahrscheinlichen Fehler des arithmetischen Mittels in den Dichten und Brechungsexponenten, wobei, wie schon erwähnt, zu bemerken ist, dass von der Dichte je 5 Beobachtungen, von den Brechungsexponenten aber 10 gemacht wurden. Der Unterschied der Deviationen bei beiden Stellungen (A, B) des Prisma's wurde als nicht vorhanden betrachtet, und zwar mit vollem Rechte, denn er rührt nicht von Beobachtungsfehlern her, sondern von anderen störenden Einflüssen (Excentricitätsfehler etc.), die sich eben durch diesen Unterschied aufheben.

Mittlerer Fehler in:

Concentration	D	ω_α	ω_β	ω_ε	ω_D	ω_ε	ω_δ	ω_ε
1·0	0·0003	0·3′	0·4′	0·4′	0·3′	0·4′	0·5′	0·6′
0·9	0·0003	0·4	0·4	0·4	0·4	0·3	0·4	0·3
0·8	0·0003	0·4	0·2	0·4	0·4	0·2	0·3	0·4
0·7	0·0003	0·3	0·3	0·4	0·3	0·4	0·5	0·5
0·6	0·0004	0·4	0·3	0·3	0·3	0·3	0·2	0·2
0·5	0·0002	0·2	0·2	0·3	0·3	0·3	0·4	0·4
0·4	0·0003	0·2	0·2	0·3	0·3	0·3	0·3	0·4
0·3	0·0003	0·5	0·4	0·3	0·3	0·3	0·3	0·3
0·2	0·0003	0·4	0·4	0·4	0·3	0·3	0·2	0·3
0·1	0·0003	0·2	0·3	0·2	0·2	0·3	0·2	.
0·0	.	0·4	0·3	0·3	0·3	0·3	0·3	.

Wahrscheinlicher Fehler in:

Concentration	D	$\omega_{\mathfrak{A}}$	$\omega_{\mathfrak{B}}$	$\omega_{\mathfrak{C}}$	$\omega_{\mathfrak{D}}$	$\omega_{\mathfrak{E}}$	$\omega_{\mathfrak{F}}$	$\omega_{\mathfrak{G}}$
1·0	0·0002	0·2′	0·3′	0·3′	0·2′	0·3′	0·3′	0·4′
0·9	0·0002	0·2	0·3	0·3	0·2	0·2	0·3	0·2
0·8	0·0002	0·3	0·1	0·3	0·2	0·2	0·2	0·2
0·7	0·0002	0·2	0·2	0·3	0·2	0·3	0·3	0·3
0·6	0·0002	0·3	0·2	0·2	0·2	0·2	0·1	0·1
0·5	0·0001	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·3
0·4	0·0002	0·1	0·1	0·2	0·2	0·2	0·2	0·3
0·3	0·0002	0·3	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2
0·2	0·0002	0·3	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2
0·1	0·0002	0·2	0·2	0·2	0·1	0·2	0·1	.
0·0	.	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	0·2	.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, dass der wahrscheinliche Fehler in D nie die Grösse 0·0002 übersteigt. Ebenso übersteigt der Fehler in der Deviation nie 0·3′. Nehmen wir auch diese als vorkommende an, so ergibt sich daraus, da nach der früheren Tafel ein Fehler von 1′ in der Deviation 0·00032 im Brechungsexponenten beträgt, eine Unsicherheit desselben von höchstens 1 Einheit der vierten Decimale. Nehmen wir daher als Maximalfehler, die wir begehen können, an:

für v_1 und v_2 . . . . 0·002
für n_1, n_2 „ N . . . . 0·0001
„ d_1, d_2 „ D . . . . 0·0002;

nehmen wir ferner an, dass alle Fehler zugleich im Maximo vorhanden seien und keiner den andern theilweise tilge, was wohl schwer irgendwo der Fall sein dürfte, so erhalten wir das Fehler-

maximum, welches bei unseren Beobachtungen eintreten kann; es beträgt:

Der Maximalfehler in:

Concentration	$\delta = \Delta\delta$ ±	$\theta_\alpha = \Delta\theta_\alpha$ ±	$\theta_\beta = \Delta\theta_\beta$ ±	$\frac{\delta}{\theta_\alpha} = \Delta\frac{\delta}{\theta_\alpha}$ ±	$\frac{\delta}{\theta_\beta} = \Delta\frac{\delta}{\theta_\beta}$ ±
0·9	0·0071	0·0056	0·0056	2·33	1·95
0·8	0·0041	0·0031	0·0031	1·60	1·38
0·7	0·0032	0·0024	0·0024	1·00	0·76
0·6	0·0028	0·0022	0·0022	0·83	0·71
0·5	0·0028	0·0021	0·0021	0·54	0·76
0·4	0·0030	0·0022	0·0022	0·62	0·63
0·3	0·0035	0·0026	0·0026	0·32	0·40
0·2	0·0047	0·0035	0·0034	0·29	0·32
0·1	0·0088	0·0063	0·0062	0·36	0·41

Aus der sehr bedeutenden Grösse derselben ergibt sich, dass man wohl die Schwankungen von $\frac{\delta}{\theta}$ um eine gewisse Zahl, z. B. 2·7 aus den Beobachtungsfehlern erklären, also das Verhältniss bei allen Concentrationsgraden als constant ansehen könne; frägt man aber, ob es wahrscheinlich sei, so muss man dies entschieden verneinen.

Die regelmässige Abnahme des Verhältnisses zwischen δ und θ von den höchsten zu den niedrigsten Concentrationsgraden zeigt, dass die Fehler sich nirgends alle häufen, sondern gegenseitig wenigstens grösstentheils tilgen. Aber in einer anderen Hinsicht sind diese Formeln interessant; es ist nämlich die Grösse der möglichen Fehler so beträchtlich, dass man bei den meisten Mischungen (wo δ und θ sehr klein sind), auf dem Wege der Beobachtung schwerlich sicher wird entscheiden können, ob ihr Verhältniss ein constantes ist. Bei Salzsäure z. B. müssten die Fehler nur $\frac{1}{4}$ der oben

angegebenen betragen, um selbst in den günstigsten Fällen (den unteren Concentrationsgraden) $\frac{\delta}{\theta}$ nur auf 0·1 sicher zu haben; es müsste dann der Fehler in

$$\begin{aligned} \text{Voluminibus} &= 0{\cdot}0005 \\ \text{Dichten} &= 0{\cdot}00005 \\ \text{Brechungsexponenten} &= 0{\cdot}00002 \end{aligned}$$

also in

$$\omega = \frac{1}{12'} = 5 \text{ Secunden}$$

nicht überschreiten, was wohl auch die Grenze der erreichbaren Genauigkeit sein dürfte.

Die Grösse des Einflusses der Fehler hat übrigens noch einen anderen Nachtheil. Es geht nämlich aus unseren Beobachtungen fast mit Gewissheit hervor, dass die $\frac{\delta}{\theta}$ nicht constant sind, da aber die δ, θ, $\frac{\delta}{\theta}$ sich jedenfalls in Reihen nach Potenzen von v_1 und v_2 entwickeln lassen, ist es auf diese Weise sehr schwer, ja beinahe unmöglich, die Coëfficienten dieser Reihen, also die Functionsform derselben aus den Daten der Beobachtung zu finden, und theoretisch dieselben allgemein abzuleiten sind noch zu wenig Anhaltspunkte vorhanden.

Um die Ergebnisse, welche man aus den bisher angestellten Beobachtungen über die Contractions- und Retardations-Coëfficienten folgern kann, leicht zu übersehen, wollen wir die Resultate derselben kurz zusammenstellen. Beschränken wir uns auf die vollständig ausgeführten, d. h. auf jene, wo nicht nur mehrere Concentrationsgrade, sondern auch die Brechungsexponenten mehrerer Farben, resp. dunklen Linien im Spectrum bestimmt wurden, so haben wir dergleichen erst an 4 Substanzen, nämlich an

SO_2
NO_2
Cl. H
$ClNH_4$

aber schon diese zeigen uns eine grosse Mannigfaltigkeit der Verhältnisse, indem jede Substanz ihre Eigenthümlichkeit besitzt.

TABELLE I.

Werthe der δ und θ für Schwefelsäure.

Concentration	δ	$\theta_{\mathfrak{A}}$	$\theta_{\mathfrak{B}}$	$\theta_{\mathfrak{C}}$	$\theta_{\mathfrak{D}}$	$\theta_{\mathfrak{E}}$	$\theta_{\mathfrak{F}}$	$\theta_{\mathfrak{M}}$
0·9	— 0·3333	— 0·160	— 0·159	— 0·159	— 0·159	— 0·157	— 0·155	— 0·158
0·8	— 0·2934	— 0·139	— 0·139	— 0·139	— 0·139	— 0·137	— 0·136	— 0·138
0·7	— 0·2569	— 0·125	— 0·124	— 0·124	— 0·123	— 0·122	— 0·121	— 0·123
0·6	— 0·2734	— 0·137	— 0·138	— 0·136	— 0·136	— 0·136	— 0·134	— 0·136
0·5	— 0·2604	— 0·133	— 0·130	— 0·133	— 0·132	— 0·131	— 0·131	— 0·132
0·4	— 0·2550	— 0·126	— 0·126	— 0·126	— 0·125	— 0·126	— 0·125	— 0·126
0·3	— 0·2363	— 0·122	— 0·121	— 0·121	— 0·120	— 0·120	— 0·120	— 0·121
0·2	— 0·2447	— 0·117	— 0·116	— 0·116	— 0·115	— 0·115	— 0·115	— 0·116
0·1	— 0·2291	— 0·110	— 0·108	— 0·109	— 0·108	— 0·108	— 0·104	— 0·108

TABELLE II.

Werthe der δ und θ für Salpetersäure.

Concentration	δ	$\theta_{\mathfrak{A}}$	$\theta_{\mathfrak{B}}$	$\theta_{\mathfrak{C}}$	$\theta_{\mathfrak{D}}$	$\theta_{\mathfrak{E}}$	$\theta_{\mathfrak{F}}$	$\theta_{\mathfrak{M}'}$
0·9	— 0·128	.	— 0·056	— 0·059	— 0·056	— 0·056	— 0·056	— 0·057
0·8	— 0·119	.	— 0·058	— 0·059	— 0·058	— 0·058	— 0·054	— 0·057
0·7	— 0·128	.	— 0·064	— 0·064	— 0·062	— 0·062	— 0·062	— 0·063
0·6	— 0·115	.	— 0·054	— 0·050	— 0·053	— 0·053	— 0·053	— 0·053
0·5	— 0·129 — 0·124	— 0·059	— 0·062 — 0·059	— 0·062 — 0·059	— 0·061 — 0·060	— 0·064 — 0·059	— 0·061 — 0·059	— 0·062 — 0·059
0·4	— 0·119	— 0·058	— 0·057	— 0·057	— 0·056	— 0·056	— 0·056	— 0·056
0·3	— 0·109	— 0·054	— 0·053	— 0·054	— 0·053	— 0·053	— 0·053	— 0·053
0·2	— 0·091	— 0·044	— 0·044	— 0·044	— 0·044	— 0·044	— 0·044	— 0·044
0·1	— 0·085	— 0·037	— 0·036	— 0·036	— 0·037	— 0·033	— 0·036	— 0·036

TABELLE III.

Werthe der δ und θ für Salzsäure.

Concentration	δ	$\theta_{\mathfrak{A}}$	$\theta_{\mathfrak{B}}$	$\theta_{\mathfrak{C}}$	$\theta_{\mathfrak{D}}$	$\theta_{\mathfrak{E}}$	$\theta_{\mathfrak{F}}$	$\theta_{\mathfrak{m}}$
0·9	— 0·0100	— 0·0034	— 0·0032	— 0·0036	— 0·0034	— 0·0032	— 0·0035	— 0·0034
0·8	— 0·0109	— 0·0038	— 0·0039	— 0·0041	— 0·0039	— 0·0039	— 0·0040	— 0·0039
0·7	— 0·0154	— 0·0050	— 0·0053	— 0·0052	— 0·0051	— 0·0053	— 0·0055	— 0·0052
0·6	— 0·0147	— 0·0050	— 0·0052	— 0·0052	— 0·0051	— 0·0052	— 0·0053	— 0·0052
0·5	— 0·0151	— 0·0060	— 0·0059	— 0·0059	— 0·0059	— 0·0061	— 0·0059	— 0·0059
0·4	— 0·0170	— 0·0062	— 0·0062	— 0·0062	— 0·0063	— 0·0062	— 0·0061	— 0·0062
0·3	— 0·0214	— 0·0096	— 0·0093	— 0·0089	— 0·0092	— 0·0093	— 0·0088	— 0·0092
0·2	— 0·0246	— 0·0120	— 0·0119	— 0·0120	— 0·0119	— 0·0113	— 0·0113	— 0·0118
0·1	— 0·0299	— 0·0154	— 0·0155	— 0·0151	— 0·0153	— 0·0150	— 0·0150	— 0·0152

TABELLE IV.

Werthe der δ und θ für Salmiaklösung.

Concentration	δ	$\theta_{\mathfrak{A}}$	$\theta_{\mathfrak{B}}$	$\theta_{\mathfrak{C}}$	$\theta_{\mathfrak{D}}$	$\theta_{\mathfrak{E}}$	$\theta_{\mathfrak{F}}$	$\theta_{\mathfrak{m}}$
0·9	— 0·0385	— 0·0254	— 0·0253	— 0·0258	— 0·0269	— 0·0268	— 0·0267	— 0·0262
0·8	— 0·0429	— 0·0245	— 0·0243	— 0·0249	— 0·0251	— 0·0250	— 0·0243	— 0·0247
0·7	— 0·0194	— 0·0155	— 0·0154	— 0·0155	— 0·0155	— 0·0154	— 0·0152	— 0·0154
0·6	— 0·0175	— 0·0113	— 0·0116	— 0·0114	— 0 0114	— 0·0113	— 0·0111	— 0·0114
0·5	— 0·0227	— 0·0154	— 0·0150	— 0·0148	— 0·0147	— 0·0151	— 0·0153	— 0·0151
0·4	— 0·0226	— 0·0131	— 0·0130	— 0·0130	— 0·0134	— 0·0137	— 0·0134	— 0·0133
0·3	— 0·0269	— 0·0158	— 0·0157	— 0·0158	— 0·0157	— 0·0155	— 0·0155	— 0·0157
0·2	— 0·0355	— 0·0212	— 0·0211	— 0·0212	— 0·0210	— 0·0210	— 0·0211	— 0·0211
0·1	— 0·0297	.	.	.	.	.	.	.

TABELLE V.

Werthe der $\frac{\delta}{\theta}$ für Schwefelsäure.

Concentration	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{A}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{B}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{C}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{D}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{E}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{F}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{m}}}$
0·9	2·07	2·07	2·10	2·09	2·10	2·13	2·09
0·8	2·09	2·10	2·09	2·10	2·12	2·13	2 10
0·7	2·09	2·09	2·10	2·11	2·11	2·10	2·10
0·6	1·99	1·99	2·00	2·00	2·01	2·01	2·00
0·5	1·95	2·00	1·95	1·97	1·99	1·99	1·97
0·4	1·98	1·98	1·98	2·00	1·98	2·00	1·99
0·3	1·97	1·98	1·98	2·00	2·00	2·00	1·99
0·2	2·05	2·07	2·07	2·08	2·08	2·08	2·07
0·1	2·03	2·06	2·03	2·04	2·06	2·09	2·05

TABELLE VI.

Werthe der $\frac{\delta}{\theta}$ für Salpetersäure.

Concentration	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{A}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{B}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{C}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{D}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{E}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{F}}}$	$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{m}'}}$
0·9	.	2·28	2·17	2·28	2·28	2·28	2·26
0·8	.	2·03	2·01	2·03	2·03	2·02	2·04
0·7	.	2·00	2·00	2·05	2·05	2·05	2·03
0·6	.	2·13	(2·30)	2·17	2·17	2·17	2·16*
0·5	2·10	2·10	2·10	2·08	2·12	2·12	2·10
0·4	2·03	2·10	2·10	2·11	2·11	2·12	2·11
0·3	2·03	2·05	2·04	2·05	2·07	2·06	2·05
0·2	2·07	2·09	2·09	2·08	2·07	2·08	2·08
0·1	2·07	2·17	2·16	2·12	2·17	2·12	2·13

TABELLE VII.

Werthe der $\frac{\delta}{\theta}$ für Salzsäure.

Concentration	$\frac{\delta}{\theta_a}$	$\frac{\delta}{\theta_b}$	$\frac{\delta}{\theta_c}$	$\frac{\delta}{\theta_d}$	$\frac{\delta}{\theta_e}$	$\frac{\delta}{\theta_f}$	$\frac{\delta}{\theta_m}$
0·9	2·98	3·15	2·74	2·94	3·16	2·85	2·97
0·8	2·88	2·78	2·65	2·82	2·77	2·73	2·77
0·7	3·03	2·90	2·97	3·01	2·88	2·78	2·93
0·6	2·92	2·83	2·81	2·87	2·83	2·77	2·84
0·5	2·54	2·58	2·58	2·58	2·49	2·58	2·56
0·4	2·76	2·74	2·77	2·71	2·74	2·79	2·75
0·3	2·23	2·30	2·39	2·31	2·30	2·42	2·33
0·2	2·05	2·08	2·06	2·06	2·14	2·15	2·09
0·1	1·94	1·92	1·98	1·95	2·00	2·05	1·97

TABELLE VIII.

Werthe der $\frac{\delta}{\theta}$ für Salmiaklösung.

Concentration	$\frac{\delta}{\theta_a}$	$\frac{\delta}{\theta_b}$	$\frac{\delta}{\theta_c}$	$\frac{\delta}{\theta_d}$	$\frac{\delta}{\theta_e}$	$\frac{\delta}{\theta_f}$	$\frac{\delta}{\theta_m}$
0·9	1·51	1·52	1·49	1·43	1·44	1·45	1·47
0·8	1·75	1·76	1·72	1·71	1·72	1·76	1·74
0·7	1·25	1·26	1·26	1·25	1·26	1·28	1·26
0·6	1·55	1·51	1·54	1·54	1·55	1·58	1·55
0·5	1·47	1·51	1·54	1·54	1·51	1·48	1·51
0·4	1·73	1·73	1·74	1·69	1·65	1·68	1·70
0·3	1·70	1·72	1·70	1·71	1·73	1·74	1·72
0·2	1·67	1·69	1·68	1·69	1·69	1·69	1·69
0·1	.	.	.	.	.	.	.

Nur bei wenigen Lösungen und Mischungen ist der Einfluss der Fehler nicht sehr beträchtlich; unter diese ist vor allen zu zählen Schwefelsäure. Von allen bisher untersuchten Substanzen kann sie bei weitem die genauesten Resultate geben [1]).

Die obige Zusammenstellung (Tab. I—VIII) lässt folgende Gesetze erkennen:

1. Die Contractions-Coëfficienten (δ) haben bei verschiedenen Substanzen sehr verschiedene Werthe. Auch bei ein und derselben

[1]) Es wäre sehr erwünscht, SO_3 noch einmal mit möglichst genauen Instrumenten in dieser Hinsicht zu untersuchen und wir haben uns vorgenommen, eine solche Beobachtungsreihe mit Nächsten durchzuführen.

Substanz sind dieselben nicht constant, sondern ändern mit der Concentration ihre Grösse; gewöhnlich nehmen dieselben mit wachsender Verdünnung ab, jedoch auch der umgekehrte Fall (Salzsäure) wurde bereits beobachtet.

2. Die Retardations-Coëfficienten (θ) sind ebenso variabel als die Contractions-Coëfficienten; der Gang derselben bei verschiedenen Concentrationsgraden ist dem der δ insoferne analog, als sie mit denselben gewöhnlich an Grösse zu- und abnehmen.

3. Der Gang der Werthe der Retardations-Coëfficienten (bei einem und demselben Concentrationsgrade) in den verschiedenen Linien des Spectrums ist gleichfalls ein sehr verschiedener. Bei einer Substanz, den Salmiaklösungen, sind die Schwankungen in der Grösse bei den verschiedenen Linien des Spectrums so unbedeutend, dass man dieselben für constant ansehen kann; bei Schwefelsäure zeigen dieselbe eine entschiedene Abnahme der Grösse von dem rothen zum violeten Ende des Spectrums und zwar bei allen Concentrationsgraden. Weniger deutlich tritt dies bei Salpetersäure hervor, wiewohl auch hier eine geringe Abnahme der Retardations-Coëfficienten nicht zu bezweifeln ist. Ganz anders jedoch verhält sich die Sache bei Salzsäure. Lässt man daselbst (des dort besonders grossen Einflusses der Fehler wegen) 0·9 Concentration aus der Betrachtung weg, so zeigt sich in den höheren Concentrationsgraden eine Zunahme der θ vom rothen zum violeten Ende: um 0·5 Conc. herum werden sie nahe constant, zeigen bei 0·4 Concentration schon eine Hinneigung zur Abnahme, welche bei den niederen Concentrationsgraden ganz eclatant hervortritt. Die Ursache dieser Erscheinung werden wir später umständlich besprechen.

4. Der Werth der $\frac{\delta}{\theta}$ ist der Grösse nach für jede Substanz verschieden, allein auch bei einer und derselben Substanz ändert er sich mit dem Concentrationsgrade. Ausser bei Salmiak, wo das Verhältniss bei allen nahezu constant ist, zeigt sich bei Schwefelsäure insbesondere ganz entschieden eine Abnahme desselben in den mittleren Concentrationsgraden, also ein grösseres Wachsen oder Abnehmen der θ im Verhältniss zu δ. Deutliche Spuren dieser Erscheinung zeigen sich auch an den äussersten Concentrationsgraden der Salpetersäure. Bei Salzsäure aber nimmt die Grösse des Verhältnisses bei wachsender Verdünnung stetig ab.

5. Über die Veränderungen der $\frac{\delta}{\theta}$ zwischen den verschiedenen Linien erübrigt uns nur mehr wenig zu sagen. Da der Contractions-Coëfficient bei denselben Concentrationsgraden eine Constante, die θ aber von einer Linie zur andern variabel sind, ist es natürlich auch das Verhältniss beider. Bei einer Zunahme des numerischen Werthes des Retardations-Coëfficienten wird sich dieses Verhältniss natürlich verkleinern, bei einer Abnahme vergrössern.

III.

Wir haben schon oben bemerkt, dass der empirischen Erforschung der Relationen, welche zwischen den Retardations-Coëfficienten unter einander und jener, welche zwischen diesen und den Contractions-Coëfficienten bestehen, der sehr bedeutende Einfluss der möglichen Beobachtungsfehler hindernd im Wege steht. Diese Schwierigkeit kann man dadurch umgehen, dass man diese Verhältnisse auf eine andere Weise, nämlich aus der Functionsform dieser Coëfficienten zu ermitteln sucht.

Aus der oben mitgetheilten Zusammenstellung aller Beobachtungen scheint zu folgen, dass die Grösse der Retardations-Coëfficienten, ausser von der Concentration, auch von der Farbe im Spectrum abhänge. Die daraus entstehende Frage: Ob eine Abhängigkeit des Retardations-Coëfficienten von der Farbe im Spectrum stattfinde, kann aus der früher angegebenen Differenzengleichung zur Bestimmung des Einflusses der Beobachtungsfehler beantwortet werden. Um nämlich die Wirkung des Überganges von einer Spectrallinie zur anderen zu ermitteln, hat man nur in der obigen Fehlergleichung

$$\Delta v_1 = 0 \quad \Delta v_2 = 0$$
$$\Delta d_1 = 0 \quad \Delta d_2 = 0 \quad \Delta D = 0$$

und für Δn_1, Δn_2, ΔN jene Änderungen der Brechungsexponenten zu setzen, welche dem Übergange von einer Linie zur anderen entsprechen. Man erhält so:

$$\Delta\theta = \frac{v_1 + v_2 + \delta v_1 v_2}{v_1 n_2 v_2 n_2} \Delta N - \frac{1 + v_2 n_2 \theta}{v_2 n_1 n_2} \Delta n_1 - \frac{1 + v_1 n_1 \theta}{v_1 n_1 n_2} \Delta n_2$$

$$\Delta\frac{\delta}{\theta} = -\frac{(v_1+v_2+\delta v_1 v_2)\delta}{v_1 v_2 n_1 n_2 \theta^2}\Delta N + \frac{(1+v_2 n_2\theta)\delta}{v_2 n_1 n_2 \theta^2}\Delta n_1 + \frac{(1+v_1 n_1\theta)\delta}{v_1 n_1 n_2 \theta^2}\Delta n_2$$

und daraus leicht:

$$\Delta\theta = \frac{1}{v_1 v_2 n_1 n_2}\left[(v_1+v_2+\delta v_1 v_2)\Delta N - (v_1\Delta n_1 + v_2\Delta n_2) - v_1 v_2\theta\,(n_2\Delta n_1 + n_1\Delta n_2)\right]$$

$$\Delta\frac{\delta}{\theta} = -\frac{\delta}{\theta^2}\Delta\theta.$$

Mit Vernachlässigung aller die erste Ordnung überschreitenden Glieder kann man setzen:

$$(v_1 + v_2)\,\Delta N = v_1\,\Delta n_1 + v_2\,\Delta n_2.$$

Die Bedeutung dieses Ausdruckes ist eine sehr einfache. Lassen wir, um einen speciellen Fall vor Augen zu haben, Δn_1, Δn_2 und ΔN als die Unterschiede des Brechungsexponenten der ersten und letzten Linie des Spectrums (der Linien A und H) gelten, und tragen wir auf einem Coordinatensysteme die Grösse der Concentration als Ordinate, sowie die dazu gehörige Differenz der Brechungsexponenten der ersten und letzten Spectrallinie als Abscisse auf, so fordert, wie sich leicht zeigen lässt, die Gleichung:

$$\Delta N = \frac{v_1\,\Delta n_1 + v_2\,\Delta n_2}{v_1 + v_2}$$

dass die Endpunkte der Abscissen alle in einer und derselben geraden Linie liegen, mit anderen Worten, dass die Ausdehnung des Spectrums gleichmässig abnehme. Ist dies auch nicht in aller Strenge der Fall, sondern liegen diese Endpunkte wahrscheinlich in einer Curve, so wird diese jedenfalls von einer Geraden in der Ausdehnung in welcher sie hier betrachtet wird, nur um eine Grösse abweichen, welche mit der Ausdehnung des Spectrums verglichen, eine Grösse höherer Ordnung darstellt. Dass der Unterschied dieser Curve von einer geraden Linie in der That selbst in der 4. Decimale des Brechungsexponenten noch ganz unmerklich sei, möge folgende Zusammenstellung der beobachteten mit den nach dieser Formel berechneten Differenzen der Brechungsexponenten beweisen.

1. Salzsäure.

Concentration	Beobachtet	Berechnet	Differenz
1·0	0·0056	0·0056	0·0000
0·9	0·0054	0·0054	0·0000
0·8	0·0053	0·0053	0·0000
0·7	0·0050	0·0051	— 0·0001
0·6	0·0048	0·0049	— 0·0001
0·5	0·0048	0·0048	0·0000
0·4	0·0046	0·0046	0·0000
0·3	0·0047	0·0044	+ 0·0003
0·2	0·0044	0·0043	+ 0·0001
0·1	0·0042	0·0041	+ 0·0001
0·0	0·0039	0·0039	0·0000

2. Salmiaklösung.

Concentration	Beobachtet	Berechnet	Differenz
1·0	0·0043	0·0043	0·0000
0·9	0·0042	0·0044	— 0·0002
0·8	0·0044	0·0044	0·0000
0·7	0·0044	0·0043	+ 0·0001
0·6	0·0044	0·0042	+ 0·0002
0·5	0·0042	0·0042	0·0000
0·4	0·0039	0·0041	— 0·0002
0·3	0·0041	0·0040	+ 0·0001
0·2	0·0040	0·0039	+ 0·0001
0·1	0·0037	0·0039	— 0·0002
0·0	0·0038	0·0038	0·0000

Bedenkt man, dass die Werthe der Ausdehnung des Spectrums für die anderen Concentrationsgrade aus den Werthen der concentrirten Substanz und des Wassers berechnet sind, welche möglicher Weise um eine, ja zwei Einheiten (eine beim ersten und eine beim letzten Brechungsexponenten) falsch sein können, welche Fehler bei der Berechnung auf alle anderen Concentrationsgrade zurückwirken; bedenkt man ferner, dass ebenso die beobachteten Werthe dieser Differenz um 1 oder 2 Einheiten unsicher sind: so wird die Annahme wohl erlaubt sein, dass der Unterschied des beobachteten und berechneten Werthes eine Folge der Beobachtungsfehler sei, insbesondere da er keinem Gesetze folgt, sondern ganz den Charakter derselben zeigt.

Ist nun dieser Unterschied für die ganze Ausdehnung des Spectrums unmerklich, so wird er es für kleinere Intervalle, etwa von einer Linie zur nächsten, um so mehr sein.

Die eben erwiesene Annahme vereinfacht bedeutend den sich für die Änderung der θ beim Übergange von einer Spectrallinie zur anderen ergebenden Ausdruck; er wird:

$$\Delta\theta = \frac{(v_1 \Delta n_1 + v_2 \Delta n_2)\,\delta - (v_1 + v_2)(n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2)\,\theta}{(v_1 + v_2)\,n_1 n_2}$$

$$\Delta\frac{\delta}{\theta} = -\frac{\delta}{\theta^2}\Delta\theta.$$

Sollte nun $\frac{\delta}{\theta}$ beim Übergange von einer Linie zur anderen constant sein, so müsste es auch θ sein, d. h. es müsste

$$\Delta\theta = 0$$

sein; dies kann nur dann geschehen, wenn:

$$(v_1 \Delta n_1 + v_2 \Delta n_2)\,\delta - (v_1 + v_2)(n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2)\,\theta = 0$$

oder

$$\frac{\delta}{\theta} = \frac{v_1 + v_2}{v_1 \Delta n_1 + v_2 \Delta n_2}(n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2),$$

wodurch wir eine interessante Bestimmungsgleichung für $\frac{\delta}{\theta}$ erhalten. Diese Gleichung zeigt, wenn man sie in die Form:

$$\frac{\delta}{\theta} = \frac{v_1 + v_2}{(v_1 + v_2)\Delta n_1 - v_2(\Delta n_1 - \Delta n_2)}(n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2) \qquad (3)$$

bringt, auf den ersten Blick, dass überdies $\frac{\delta}{\theta}$ bei allen Concentrationsgraden constant sein könne, wenn

$$\Delta n_1 = \Delta n_2$$

d. h. die Grösse des Spectrums bei allen Substanzen gleich gross ist. Da dies mit keiner Beobachtung harmonirt, so ist die Unmöglichkeit eines constanten Verhältnisses des Contractions- und Retardations-Coëfficienten für verschiedene Concentrationsgrade einer und derselben Substanz nachgewiesen, wenn man annimmt, θ ändere seinen Werth von einer Linie zur anderen nicht. Allein letztere Annahme ist unstatthaft. Mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit folgt dies schon aus den Beobachtungen, allein mit Gewissheit zeigt es sich, wenn man die Werthe von $\frac{\delta}{\theta}$ aus Gleichung (3) berechnet; denn die Abweichung der berechneten von den beobachteten Werthen ist nicht nur sehr bedeutend, sondern der Gang beider so verschieden, dass die Differenzen Beobachtungsfehlern unmöglich zugeschrieben werden können, wovon man sich am leichtesten aus der beispielsweise hier angeführten Salzsäure überzeugen kann.

$$\frac{\delta}{\theta_m}$$

Concentration	Beobachtet	Berechnet	Differenz
0·9	2·97	2·39	+ 0·58
0·8	2·77	2·47	+ 0·30
0·7	2·93	2·55	+ 0·38
0·6	2·84	2·64	+ 0·20
0·5	2·56	2·73	— 0·17
0·4	2·75	2·83	— 0·08
0·3	2·33	2·94	— 0·61
0·2	2·09	3·06	— 0·97
0·1	1·97	3·19	— 1·22

Lassen wir also diese Annahme fallen und suchen ohne irgend eine Hypothese die Art der Veränderung zu ermitteln, welche mit θ von einer Linie zur anderen vorgeht.

Es ist:

$$\Delta\theta = \frac{1}{(v_1+v_2)n_1 n_2}[(v_1\Delta n_1 + v_2\Delta n_2)\delta - (v_1+v_2)(n_2\Delta n_1 + n_1\Delta n_2)]$$

oder:

$$\frac{\Delta n_1 - \Delta n_2}{\Delta n_1} = \rho$$

$$\Delta\theta = \frac{\theta\,\Delta n_1}{n_1 n_2}\left[\left(1 - \frac{v_2}{v_1+v_2}\cdot\rho\right)\frac{\delta}{\theta} - \frac{n_1\Delta n_2 + n_2\Delta n_1}{\Delta n_1}\right].$$

Ist noch $v_1 + v_2 = 1$, wie es bei uns immer der Fall war, so haben wir:

$$(4) \qquad \Delta\theta = \frac{\theta\,\Delta n_1}{n_1 n_2}\left[(1 - v_2\rho)\frac{\delta}{\theta} - \frac{n_1\Delta n_2 + n_2\Delta n_1}{\Delta n_1}\right].$$

Man sieht aus dieser Gleichung, dass die Änderung des θ im Allgemeinen desto kleiner werde, je kleiner es selbst ist, ausser wenn sich dabei der zweite Factor unverhältnissmässig vergrössert. Die Richtigkeit des eben Gesagten kann man an Schwefel- und Salpetersäure z. B. leicht nachweisen. Hier ist der zweite Factor bei beiden nahezu gleich (bei NO_5 ist er etwas kleiner), bei Salpetersäure aber θ bei Weitem kleiner als bei Schwefelsäure, daher bei

letzterer θ viel constanter, was mit den Resultaten der Beobachtung übereinstimmt. Allein noch mehr: es ist für die Schwefelsäure:

$$\frac{n_1 \Delta n_2 + n_2 \Delta n_1}{\Delta n_1} = 2{\cdot}59$$

und für die Salpetersäure:

$$\frac{n_1 \Delta n_2 + n_2 \Delta n_1}{\Delta n_1} = 2{\cdot}40$$

ferner für Schwefelsäure stets

$$\frac{\delta}{\theta} < 2{\cdot}14$$

und für Salpetersäure

$$\frac{\delta}{\theta} < 2{\cdot}29.$$

Da diese Grössen in unserer Formel (4) noch mit dem die Einheit nie erreichenden Factor

$$1 - v_2 \rho$$

multiplicirt sind, so ist offenbar:

$$(1 - v_2 \rho)\frac{\delta}{\theta} - \frac{n_1 \Delta n_2 - n_2 \Delta n_1}{\Delta n_1} < 0.$$

Da nun θ negativ ist, so ergibt sich, dass bei diesen beiden Substanzen die Werthe der θ vom rothen zum violeten Ende des Spectrums successive abnehmen.

Wie man aus den Tabellen (I—VIII) sieht, nimmt für SO_3 und NO_5 die Grösse des Verhältnisses $\frac{\delta}{\theta}$ gegen die mittleren Concentrationsgrade zu ab, und man sollte daher meinen, θ sei in diesen variabler als in den äusseren, besonders in den stärksten Concentrationsgraden, wo das Glied

$$\frac{v_2 \delta}{\theta} \cdot \rho$$

im Minimum ist. Begreiflicherweise ist dem jedoch nicht so, da die rasche Abnahme der θ bei wachsender Verdünnung dies beinahe vollständig paralysirt.

Den Verhältnissen bei SO_3 und NO_5 sehr analog, sind die bei Salmiak stattfindenden, allein bedeutend complicirter gestalten sich dieselben an der Salzsäure. Während die θ in den obersten Concentrationsgraden an Grösse zunehmen, nehmen sie in den niedersten

ab und bleiben in den mittleren beinahe constant. Allein auch die Erklärung dieser Erscheinung ist auf Grundlage der eben angegebenen Formel (4) nicht schwer. Es ist nämlich bei der Salzsäure

$$\frac{n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2}{\Delta n_1} = 2{\cdot}32$$

und die Grösse, welche wir mit ρ bezeichneten, ziemlich gross, nämlich

$$\rho = 0{\cdot}32.$$

In den höheren Concentrationsgraden übersteigt aber $\frac{\delta}{\theta}$ bei Weitem 2·32, zugleich ist der Factor $1 - v_2 \rho$, wegen der Kleinheit von v_2 nahezu $= 1$, trägt also zur Verminderung der Grösse von $\frac{\delta}{\theta}$ fast gar nichts bei; es ist desshalb

$$(1 - v_2 \rho) \frac{\delta}{\theta} > \frac{n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2}{\Delta n_1}$$

woraus die Zunahme der θ vom rothen zum violeten Ende des Spectrums sogleich folgt.

Bei zunehmender Verdünnung nimmt die Variabilität der θ rasch ab, denn der Factor $(1 - v_2 \rho)$ verkleinert sich rasch, so dass in den mittleren Concentrationsgraden nahezu:

$$(1 - v_2 \rho) \frac{\delta}{\theta} = \frac{n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2}{\Delta n_1}$$

wird, wesshalb auch die θ um 0·5 herum beinahe ganz constant sind.

Bei noch grösserem Fortschritte der Verdünnung verkleinert sich nicht nur das Verhältniss $\frac{\delta}{\theta}$, sondern auch, und zwar in viel rascherem Grade $(1 - v_2 \rho)$, so dass die Differenz

$$(1 - v_2 \rho) \frac{\delta}{\theta} - \frac{n_2 \Delta n_1 + n_1 \Delta n_2}{\Delta n_1}$$

das Zeichen wechselt, wo dann die Zunahme der θ sogleich in eine Abnahme sich umwandelt. Diese Abnahme wird durch den Umstand, dass hier die θ mit der Verdünnung wachsen, um so beträchtlicher.

Man sieht aus dem bereits Gesagten, dass eine Zunahme, ein Constantbleiben oder eine Abnahme der θ von einer Spectrallinie zur anderen lediglich davon abhängt, ob:

$$\frac{\delta}{\theta} \lessgtr \frac{n_1 \Delta n_2 + n_2 \Delta n_1}{v_1 \Delta n_1 + v_2 \Delta n_2}$$

und dass sehr wohl bei einer und derselben Substanz alle drei Fälle in verschiedenen Concentrationsgraden vorkommen können [1]).

Da wir ferner aus (4) das Gesetz der Zu- oder Abnahme der θ von einer Linie zur anderen kennen und sehen, dass bei einem und demselben Concentrationsgrade die Zunahme dem Δn_1, d. h. der Entfernung der Linie von der als ersten angenommenen proportional sei, ist die Bedeutung der Grösse, welche wir $\theta_{\mathfrak{M}}$ nannten, leicht verständlich. Es ist nämlich der Retardations-Coëfficient einer fictiven Linie, die dem Mittel der Brechungsexponenten entspricht, also einer Linie, welche zwischen den Systemen $\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{E}$ liegt. Diese Grösse ($\theta_{\mathfrak{M}}$) ist von den Beobachtungsfehlern unabhängiger als jedes andere θ, daher mit Vortheil zu verwenden, will man den Gang derselben bei verschiedenen Concentrationsgraden genähert durch eine Reihe angeben, bei welcher man auf die ohnedies geringen Unterschiede der Coëfficienten bei verschiedenen Farben verzichtet.

Nachdem wir diesen Punkt erörtert, gehen wir zur Untersuchung der zweiten eben so wichtigen Frage über, ob das Verhältniss von $\frac{\delta}{\theta}$ ein rationales, und für alle Concentrationsgrade constantes ist, selbst wenn, wie wir gesehen, θ nicht constant bleibt.

Da wir oben nachgewiesen, dass die θ von Linie zu Linie ihren Werth ändern, so kann man nur noch fragen, ob $\frac{\delta}{\theta}$ bei ein und derselben Linie für alle Concentrationsgrade constant bleibt. Dass dies Verhältniss ein rationales sei, ist schon von vorne herein unwahrscheinlich, weil wir bei der Bewegung, welche wir Licht nennen, nirgends ein solches finden, indem alles durch die trigonometrischen

[1]) Die Erkenntniss der Natur der Änderung der θ zeigt auch, dass man dieselben nie zur Bestimmung der Dispersion der atmosphärischen Luft wird benützen können, wie wir Sitzungsberichte XXX, 433 vermuthet hatten; denn das oben Gesagte beweist, dass in der, Sitzb. XXX, angegebenen Reihe für θ die höheren, von der Dispersion abhängigen Glieder nicht zu vernachlässigen, d. h. wenigstens bei manchen Substanzen in Coëfficienten multiplicirt sind, die bei gewissen Concentrationsgraden eine beträchtliche Grösse erlangen können.

Functionen, also inrational, verbunden erscheint. Erwägt man aber die Veränderlichkeit von θ, so könnte wohl bei einer bestimmten Linie ein rationales Verhältniss herauskommen, nie aber der ganzen Länge des Spectrums nach. Betrachtet man indess die Bedingungsgleichungen, so ist es nicht nur höchst unwahrscheinlich, dass es ein rationales, sondern auch, dass es ein constantes Verhältniss sei.

Die δ und θ ändern ihren Werth mit der Concentration, sind also Functionen der Volumina; man kann daher, wenn man die Beziehung

$$v_1 + v_2 = 1$$

festhält,

$$\delta = a\,(1 + a_1 v_1 + a_2 v_1^2 + a_3 v_1^3 + \ldots\ldots)$$
$$\theta = \beta\,(1 + \beta_1 v_1 + \beta_2 v_1^2 + \beta_3 v_1^3 + \ldots\ldots)$$

also

$$\frac{\delta}{\theta} = \frac{a}{\beta} \cdot \frac{1 + a_1 v_1 + a_2 v_1^2 + a_3 v_1^3 + \ldots\ldots}{1 + \beta_1 v_1 + a_2 v_1^2 + \beta_3 v_1^3 + \ldots\ldots}$$

$$= \frac{a}{\beta}\Big[1 + (a_1 - \beta_1)\,v_1 + \Big\{(a_2 - \beta_2) - \beta_1\,(a_1 - \beta_1)\Big\}\,v_1^2 +$$

$$\Big\{(a_3 - \beta_3) - \beta_2\,(a_1 - \beta_1) + \beta_1^2\,(a_1 - \beta_1)\Big\}\,v_1^3 + \ldots\Big]$$

setzen. Soll nun $\frac{\delta}{\theta}$ für alle Concentrationsgrade bei ein und derselben Linie constant sein, so muss nicht blos

$$a_1 = \beta_1$$
$$a_2 = \beta_2$$
$$a_3 = \beta_3$$
$$\vdots$$

sondern auch die Variabilität der θ nur in β liegen, zu welcher Annahme uns gar nichts berechtigt. Es liesse sich dies auch noch auf folgende Art erweisen. Ändert man bei einer Spectrallinie bleibend den Concentrationsgrad nur um ein Geringes, so könnte man die dadurch in δ, θ, $\frac{\delta}{\theta}$ hervorgebrachten Änderungen mit Hilfe der früheren Differenzengleichung dadurch untersuchen, dass man:

$$\Delta d_1 = 0 \qquad \Delta d_2 = 0$$
$$\Delta n_1 = 0 \qquad \Delta n_2 = 0$$

und für Δv_1, Δv_2, ΔD, ΔN die entsprechenden Änderungen setzte. Führt man dann die Bedingung der Constanz von $\frac{\delta}{\theta}$ ein, so erhält

man wieder eine Bestimmungsgleichung für $\frac{\delta}{\theta}$. Ob indess diese erfüllt sei, davon kann man sich so lange nicht überzeugen, als das Verhältniss der Änderungen Δv_1, Δv_2, ΔD, ΔN zu einander oder wenigstens das $\frac{\Delta D}{\Delta N}$ nicht bekannt ist, welches letztere schon hinreichend ist, wenn man durch schickliche Bewerkstelligung des Überganges von einer Concentration zur anderen die Δv_1 und Δv_2 aus der Gleichung herausschafft. Da man aber nicht einmal $\frac{\Delta D}{\Delta N}$ kennt, muss man auf eine andere Weise zum Ziele zu gelangen suchen.

Sei δ der Contractions-Coëfficient für einen beliebigen Concentrationsgrad, $\theta_{\mathfrak{A}}$ der zu demselben gehörige Werth des Retardations-Coëfficienten für die Linie $\mathfrak{A}$ und seien δ' und $\theta_{\mathfrak{A}}'$ diese Grössen für irgend einen anderen Concentrationsgrad, so muss unter der Voraussetzung eines constanten Verhältnisses beider bei allen Concentrationsgraden (für eine und dieselbe Spectrallinie)

$$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{A}}} = \frac{\delta'}{\theta_{\mathfrak{A}}'}$$

Geht man von der Linie $\mathfrak{A}$ zu einer anderen, etwa der Linie x über und seien die Retardations-Coëfficienten für dieselbe θ_x, θ_x', so muss auch

$$\frac{\delta}{\theta_x} = \frac{\delta'}{\theta_x'}$$

sein. Nun kann man nach den früheren:

$$\theta_x = \theta_{\mathfrak{A}} + \Delta\theta$$
$$\theta_x' = \theta_{\mathfrak{A}}' + \Delta\theta'$$

setzen, es ist also auch:

$$\frac{\delta}{\theta_{\mathfrak{A}} + \Delta\theta} = \frac{\delta'}{\theta_{\mathfrak{A}}' + \Delta\theta'}$$

welche Gleichung mit der oben angeführten:

$$\delta\,\theta_{\mathfrak{A}}' = \delta'\,\theta_{\mathfrak{A}}$$

combinirt, zu folgender Relation führt:

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta'}$$

Bedeuten ferner v_1, v_2 die Volumina der concentrirten Substanz und des Wassers im ersten Falle und v', v'' dieselben Grössen bei der anderen Concentration, so ist nach unseren früheren Formeln:

$$\Delta\theta = \left[\left(1 - \frac{v_2}{v_1 + v_2}\,\rho\right)\frac{\delta}{\theta_w} - \frac{n_1\,\Delta n_2 + n_2\,\Delta n_1}{\Delta n_1}\right]\frac{\theta_w\,\Delta n_1}{n_1\,n_2}$$

$$\Delta\theta' = \left[\left(1 - \frac{v''}{v' + v''}\,\rho\right)\frac{\delta'}{\theta'_w} - \frac{n_1\,\Delta n_2 + n_2\,\Delta n_1}{\Delta n_1}\right]\frac{\theta'_w\,\Delta n_1}{n_1\,n_2}$$

also auch:

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{\left(1 - \frac{v_2}{v_1 + v_2}\,\rho\right)\frac{\delta}{\theta_w} - \frac{n_1\,\Delta n_2 + n_2\,\Delta n_1}{\Delta n_1}}{\left(1 - \frac{v''}{v' + v''}\right)\frac{\delta}{\theta'_w} - \frac{n_1\,\Delta n_2 + n_2\,\Delta n_1}{\Delta n_1}} \cdot \frac{\theta_w}{\theta'_w}.$$

Führt man die Berechnung aus, so erhält man nach allen Reductionen:

$$(5) \qquad v_2\,v''\left(\frac{v'}{v''} - \frac{v_1}{v_2}\right)\rho = 0$$

als Bedingungsgleichung, dass $\frac{\delta}{\theta}$ für ein und dieselbe Spectrallinie bei allen Concentrationsgraden constant sei. Da nun hier von verschiedenen Concentrationsgraden die Rede ist, also unmöglich

$$\frac{v'}{v''} = \frac{v_1}{v_2}$$

sein kann, so ist die Gleichung (5) nur durch die Supposition

$$\rho = 0$$

daher

$$\Delta n_1 = \Delta n_2$$

zu erfüllen, eine Gleichung, der wir schon früher begegneten. Man sieht daraus, dass die Constanz des Verhältnisses beider Grössen nur durch den Umstand verhindert wird, dass die Ausdehnung des Spectrums (d. h. der Unterschied der Brechungsexponenten der Linien A und F) nicht bei allen Substanzen gleich gross ist. Doch sieht man daraus gleich, dass je kleiner diese Differenz ist, das Verhältniss zwischen den einzelnen Concentrationsgraden desto geringeren Schwankungen unterliegt, was auch die Beobachtungen bestätigen.

Es folgt daher aus diesen Untersuchungen, dass weder die Retardations-Coëfficienten von einer Linie des Spectrums zur anderen einen constanten Werth behalten, indem dieselben gegen das violete Ende hin bald an Grösse zunehmen, bald abnehmen, sondern dass auch das Verhältniss des Contractions-Coëfficienten zum Retardations-Coëfficienten bei jeder Concentration wechselt.

Es würde sich jetzt darum handeln, die Functionsform dieser Grössen zu ermitteln. Ehe wir dies unternehmen, können wir nicht unterlassen, noch auf eine Eigenthümlichkeit der Formeln:

$$\delta = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2 - D(v_1 + v_2)}{D v_1 v_2}$$

$$N = \frac{v_1 n_1 + v_2 n_2 + \theta v_1 v_2 n_1 n_2}{v_1 + v_2 + \delta v_1 v_2}$$

bei einem speciellen Falle aufmerksam zu machen. Es ist nämlich jener, wo die Brechungsexponenten von einer gewissen Zahl etwa a nur um Grössen erster Ordnung, d. h. um solche Grössen abweichen, dass man die Quadrate derselben vernachlässigen kann. Es sei also:

$$n' = a + \alpha$$
$$n'' = a + \beta$$
$$N = a + \gamma$$

dann ist unter obiger Voraussetzung:

$$\theta = -\frac{1}{a} - \frac{v_1 v_2 \delta(a + \beta - \gamma) + a v_1 + \beta v_2 - \gamma(v_1 + v_2)}{v_1 v_2 a^2}. \quad (6)$$

Dieser Fall ist desshalb wichtig, weil er bei einer ganzen grossen Gruppe von Körpern vorkommt, nämlich bei Gasen. Hier ist:

$$a = 1$$

und α, β, γ sind Grössen, welche erst in der vierten Decimale zählende Ziffern haben; zugleich sind, wenn man nach der Volumtheorie rechnet, v_1 und v_2 einfache ganze Zahlen, es ist desshalb für dieselben bis in die vierte Decimale hinauf

$$\delta = \theta.$$

In der schon öfter erwähnten Abhandlung hatte Herr Handl das anfangs überraschende Resultat gefunden, dass für alle Gase

$$\delta = \theta$$

sei; er hielt es für nicht unwahrscheinlich, dass beide vollkommen geich wären und dass die Abweichungen nur den nicht vollkommen richtigen Beobachtungen Dulong's zuzuschreiben seien. Unsere Formel (6) beweist aber, dass δ nicht gleich θ sein könne, sondern nur näherungsweise, denn der Ausdruck

$$\frac{(\alpha + \beta - \gamma)\, r_1\, r_2\, \delta + \alpha\, r_1 + \beta\, r_2 - \gamma\,(r_1 + r_2)}{r_1\, r_2}$$

kann im Allgemeinen der Nulle nicht gleich werden. Übrigens zeigt eine genauere Betrachtung der Formeln, aus welchen δ und θ berechnet wird, dass diese Eigenthümlichkeit bei den Gasen ja schon in eben diesen Formeln liege, und dass man daher unter der Voraussetzung $\delta = \theta$ durchaus nicht den Brechungsexponenten eines noch nicht gemessenen Gases rechnen könne, weil man dadurch einen Fehler in der vierten Decimale des Brechungsexponenten begehen, denselben also eigentlich gar nicht finden würde.

Um die Functionsform der δ und θ zu bestimmen, fehlen uns, wie wir schon einmal bemerkten, bis jetzt alle Anhaltspunkte; es bleibt daher nichts anderes übrig als diese Grössen, welche sich mit der Concentration ändern, nach Potenzen derselben zu entwickeln.

Wir wollen diese Reihen nur für θ_∞ und $\frac{\delta}{\theta_\infty}$ entwickeln. Wir setzten:

$$\delta = a\,(1 + a_1\, v_1 + a_2\, v_1^2 + a_3\, v_1^3 + \ldots.)$$
$$\theta_\infty = b\,(1 + \beta_1\, v_1 + \beta_2\, v_1^2 + \beta_3\, v_1^3 + \ldots.)$$
$$\frac{\delta}{\theta_\infty} = c\,(1 + \gamma_1\, v_1 + \gamma_2\, v_1^2 + \gamma_3\, v_1^3 + \ldots.)$$

und suchten nach der Methode der kleinsten Quadrate für alle Concentrationsgrade die wahrscheinlichsten Werthe von $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma \ldots$ zu ermitteln. Wir geben hier blos die Resultate der an Salzsäure ausgeführten Berechnung; für sie ist:

$$\delta = -\,0{\cdot}0382\,(1 - 2{\cdot}402\, v_1 + 3{\cdot}469\, v_1^2 - 1{\cdot}880\, v_1^3 + \ldots)$$
$$\theta = -\,0{\cdot}0207\,(1 - 2{\cdot}959\, v_1 + 4{\cdot}040\, v_1^2 - 1{\cdot}984\, v_1^3 + \ldots)$$
$$\frac{\delta}{\theta} = 1{\cdot}449\,(1 + 2{\cdot}469\, v_1 - 1{\cdot}648\, v_1^2 + 0{\cdot}302\, v_1^3 - \ldots..)$$

Diese Reihen lassen weder jede für sich ein Gesetz erkennen, noch ist der Gang derselben für alle 3 Grössen analog. Übrigens zeigen dieselben, dass selbst bei $\frac{\delta}{\theta}$ die höheren Glieder keineswegs zu vernachlässigen sind, sondern dass sie einen bedeutenden Ein-

fluss ausüben. Berechnungen derselben Art, an den anderen Substanzen ausgeführt, gaben ähnliche Reihen, nur sind die Coëfficienten der höheren Glieder, insbesondere bei δ, bedeutend grösser. Eine sehr langsame Convergenz, wenigstens in den ersten Gliedern, zeigt sich bei allen diesen Reihen; ob diese jedoch in der Natur dieser Grössen begründet sei, oder ob der beträchtliche Einfluss der Beobachtungsfehler, durch welchen natürlich die Coëfficienten der höheren Glieder am meisten entstellt werden, Ursache derselben ist, lässt sich vorläufig noch nicht mit Sicherheit ermitteln. Der Umstand, dass diese Erscheinung bei allen bisher gemessenen Substanzen vorkommt, spricht nicht sehr zu Gunsten der letzteren Ansicht, und dürfte vielleicht eine Andeutung sein, dass die δ, θ und $\frac{\delta}{\theta}$ bei verschiedenen Concentrationsgraden nicht stets einem und demselben Gesetze folgen, d. h. dass der Gang derselben durch eine einzige Reihe nicht für alle Concentrationen dargestellt werden könne.

Es sei nur noch die Bemerkung hinzugefügt, dass die Abnahme des Verhältnisses $\frac{\delta}{\theta}$ gegen die mittleren Concentrationsgrade darauf führt, dass die Reihe für dasselbe folgende Form habe:

$$\frac{\delta}{\theta} = A\,(1 + B\,v_1\,v_2 + \ldots.)$$

oder

$$\frac{\delta}{\theta} = A\,(1 + B\,v_1 - B\,v_1{}^2 + \ldots.)$$

In der That genügen auch diese zwei Glieder den Beobachtungen an Schwefelsäure, Salpetersäure und Salmiaklösung so vollständig als man es erwarten kann.

Zuletzt dürfte es vielleicht nicht unangemessen sein, zu zeigen, wie man nach einer anderen Anschauungsweise die Grösse der Contraction und Retardation berechnen kann. Setzt man nämlich:

$$V = \lambda\,(v_1 + v_2)$$
$$VN = \mu\,(v_1\,n_1 + v_2\,n_2)$$

so ist

$$\lambda = \frac{v_1\,\delta_1 + v_2\,\delta_2}{(v_1 + v_2)\,D}$$

$$\mu = \frac{v_1\,\delta_1 + v_2\,\delta_2}{v_1\,n_1 + v_2\,n_2} \cdot \frac{D}{N}$$

Dadurch erhält man den Vortheil, dass die mit λ und μ bezeichneten Grössen reine Verhältnisszahlen, d. h. von der Volumseinheit unabhängig und den sonst mit den Namen Coëfficienten bezeichneten Grössen ganz analog werden; zugleich sind diese Ausdrücke nicht nur von den Beobachtungsfehlern weniger afficirt, sondern auch bei den verschiedenen Concentrationsgraden nahezu gleichmässig.

Zum Schlusse sei es uns erlaubt, mit dem wärmsten Danke der Liberalität zu gedenken, mit welcher Herr Regierungsrath Ritter v. Ettingshausen auch bei dieser Arbeit alle nöthigen Apparate und sonstige Hilfsmittel uns zukommen liess.

Über symmetrische Functionen, welche zur Darstellung gewisser physikalischer Verhältnisse krystallisirter Körper dienen können.

Von Dr. J. Grailich.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 9. December 1858.)

1. Bei Gelegenheit einer Untersuchung über die Elasticitätsverhältnisse tesseraler Krystalle wurde ich veranlasst einen Ausdruck für die Grösse der Cohäsion als Function der Richtung der Zugkraft aufzusuchen. Man kann allerdings annehmen, dass im ersten Moment der Verschiebung eines Molecüles des tesseral krystallisirten Systems ein gleicher Widerstand auftritt, die Verschiebung mag nach welcher Richtung immer veranlasst werden, so wie aber die Verschiebung einen gewissen sehr kleinen Betrag, der immer noch zwischen die Grenzen der vollkommenen Elasticität fallen kann, überschreitet, werden die geweckten inneren Widerstände von der Richtung des Impulses abhängig werden müssen. Denn die Cohäsion hört auf zu bestehen, sobald der Ausdruck der Distanz zweier Molecüle eine messbare Grösse erlangt, wodurch der Werth der Anziehungsfunction gleich Null wird [1]); die Cohäsion ist aber, wie es die Spaltbarkeit tesseraler Krystalle beweist, nicht nach allen Richtungen hin gleich gross: es

[1]) Dies folgt aus der bekannten Definition der Molecularkräfte. Es scheint aber, dass die Kraft, mit der die ponderablen Molecüle auf einander wirken, durch eine Reihe von der Form $S \frac{A_n}{r^n}$ ausgedrückt werden muss, in welcher auch die A_n für niedrige Werthe von n von der Nulle verschieden bleiben. Es ist schon oft angeführt worden, dass das Glied der zweiten Ordnung wegen der allgemeinen Schwere nicht fehlen kann. Weitere, unabweisbare Gründe, scheinen in folgenden bekannten Thatsachen zu liegen.

1. Krystalle zeigen sehr häufig eine ringsum regelmässig ausgebildete Form, indem an analogen Ecken und Kanten dieselben Facetten, oft in ganz gleicher Entwickelung, auftreten. Molecularkräfte, welche nur auf unmerkbare Distanzen hin wirksam sind, können diese Gleichheit der Verhältnisse nicht bedingen. Alle bisherigen Erklärungsversuche umgehen diese Frage, statt ihre Lösung zu versuchen.

muss daher die Anordnung und Beschaffenheit der Molecüle eine solche sein, dass für eine und dieselbe Verschiebung nach verschiedenen Richtungen verschiedene Kräfte erforderlich werden.

Denken wir uns eine Kugel aus Flussspath. Wird sie in passender Weise aufgehängt und werden Gewichte angebracht bis sie zerreisst, so wird die Grösse des Gewichtes, das zum Zerreissen nothwendig ist, wesentlich durch die Richtung bedingt, nach welcher der Angriff geschieht. Gewiss aber wird ein gleiches Gewicht nothwendig sein für jede krystallographisch gleichwerthige Richtung und es werden die kleinsten Gewichte in der Richtung der Normalen der Oktaëderflächen, die grössten in der Richtung der Normalen der Hexaëderflächen gefordert werden. Da man stetig von einer Richtung zur andern übergehen kann, und jeder eine bestimmte Cohäsion entspricht, so wird es möglich werden die Cohäsionsverhältnisse durch eine krumme Fläche darzustellen, deren Radien den in die Richtung dieser Radien entfallenden, zum Zerreissen erforderlichen Gewichten proportional gesetzt werden können. Es hängt dabei blos von der Grösse dieser Radien ab ob in bestimmten Richtungen überhaupt noch ein Zerreissen möglich bleiben soll; denn es kann geschehen, dass bei einer gewissen Grösse der Cohäsion nach einer bestimmten

---

2. Krystalle derselben Substanz zeigen oft eine verschiedene Ausbildung der einzelnen Flächensysteme, wenn die Umstände, unter welchen die Krystallisation vor sich ging, verschiedene sind. Es ist bekannt, in welch' abnormen Formen man Salmiak erhalten kann; dass Kochsalz in Oktaëdern, Alaun in Würfeln gezogen werden kann, wenn die Mutterlauge Borsäure oder Harnsäure enthält; dass die Mineralien bestimmter Localitäten bestimmte Typen aufweisen, die an andern Fundorten nicht wieder vorkommen. Wenn nun die äusseren Umstände, ohne die Substanz zu afficiren, den Habitus der Formentwickelung bedingen können, so ist dies bei der Einheit, welche die Ausbildung des Individuums beherrscht, nur durch ein Zusammenwirken von Kräften denkbar, die auch noch für endliche Distanzen der Angriffspunkte einen angebbaren Werth behaupten.

3. Krystalle von höchst complicirter innerer Structur: Quarz, Aragonit, Cerussit, Strontianit, Alstonit, Witherit, Strontiumplatincyanür u. s. w. zeigen einfache äussere Umrisse. Die Erscheinung bleibt völlig unbegreiflich, so lange der Erklärung nur die Molecularkräfte nach der gewöhnlichen Definition zu Gebote stehen.

Molecularkräfte wurden bisher immer nur in jenen Aufgaben in Erwägung gezogen, wo es sich um die inneren Widerstände handelte, welche durch die Verschiebung eines bestehenden Systems geweckt werden; um aber dies System herzustellen, mussten Kräfte ins Gleichgewicht getreten sein, die von einer ganz andern Ordnung sein können. Es scheint aber dass die Untersuchung in dieser Richtung gegenwärtig noch ganz unangreifbar ist, nachdem das einfachste Problem der Statik der Elasticität sich jeder Lösung entzieht.

Richtung die Componenten derselben nach den Normalen der Spaltungsflächen grösser werden als die Cohäsion in der Richtung dieser Normalen. Daher kommt es z. B. dass Bleiglanz kaum anders als in kubischen Bruchflächen zu zertheilen ist. Die Cohäsionsfläche nähert sich dann ohne Ende einer eckig-kantigen Form.

Beim Flussspath wird die Cohäsionsfläche in den Normalpunkten der Hexaëderflächen durch eine Kugel berührt werden, und zwar wird diese Kugel die Cohäsionsfläche vollkommen umhüllen. Dagegen wird eine zweite Kugel, welche die Cohäsionsfläche in den Normalpunkten der Oktaëderflächen berührt, vollkommen von dieser Fläche eingeschlossen sein.

Indem ich nach der Form einer Gleichung suchte, welche diesen und ähnlichen Bedingungen Genüge leistet, gelangte ich zu Ausdrücken, welche eckige Körper darstellen.

Es haben Fourier und Doppler sich mit der Lösung ähnlicher Aufgaben beschäftigt; ich glaube, dass die hier mitzutheilende Methode wegen der einfachen Beziehungen, die sie zwischen eckigen und gekrümmten Flächen herstellt und der Leichtigkeit und Allgemeinheit, mit der sie hieher gehörige Aufgaben zu lösen erlaubt, einige eigenthümliche Vortheile darbietet.

2. Da die Gleichungen, welche die beschriebenen Verhältnisse darzustellen geeignet sein sollen, nothwendig homogen und bezüglich der drei rechtwinkligen Coordinatenaxen (die wir uns parallel zu den drei Oktaëderaxen gelegt denken) gleichlautend sein müssen, so wird die allgemeinste Form derselben folgende sein:

$$\mathfrak{A}^{2n} = A\,(x^{2n} + y^{2n} + z^{2n}) + B\,(x^{2(n-1)}\,(y^2 + z^2) + y^{2(n-1)}\,(y^2 + x^2) + z^{2(n-1)}\,(x^2 + y^2)) + \ldots$$

Im einfachsten Falle reducirt sich diese auf

$$r^{2n} = x^{2n} + y^{2n} + z^{2n} \qquad (1)$$

Setzen wir $n = 1$, so haben wir die Gleichung der Kugel; setzen wir dagegen $n = \infty$, so wird es die Gleichung des Würfels, der die Kugel in den Punkten

$$\begin{array}{llll} x = \pm 1 & y = 0 & z = 0 \\ x = 0 & y = \pm 1 & z = 0 \\ x = 0 & y = 0 & z = \pm 1 \end{array}$$

berührt.

Für jeden andern positiven und ganzen Werth von n stellt diese Gleichung eine Fläche dar, die zwischen der Kugel und dem Würfel enthalten ist, und mit beiden die Berührungspunkte beider gemeinschaftlich hat.

Dass $1 = \left(\frac{x^2}{r^2}\right)^\infty + \left(\frac{y^2}{r^2}\right)^\infty + \left(\frac{z^2}{r^2}\right)^\infty$ wirklich die Gleichung des Würfels ist, ergibt sich einfach aus der Erwägung, dass $\frac{x}{r}$ gleich ist ± 1, also $x = \pm r$ für jeden Werth von y und z, der kleiner oder gleich $\pm r$ ist. Ebenso ist $y = \pm r$ für jeden Werth von z und x, der zwischen $+ r$ und $- r$ entfällt; $z = \pm r$ für jeden Werth von x und y zwischen $+ r$ und $- r$.

Der Radius vector ρ ist ein Maximum für $\pm x = \pm y = \pm z$, d. i.

$$\rho = r \sqrt[2n]{3^{n-1}} = 3^{\frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{n}\right)} r$$

folglich beim Würfel $\rho = r\sqrt{3}$; er schliesst bei allen zusammengehörigen Flächen einen Winkel mit den 3 Coordinatenaxen ein, dessen Cosinus $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ist. Da dies die Neigung der Normalen der Oktaëderflächen ist, so erfüllt offenbar gar keine Gleichung von der Form 1) die beim Flussspath geforderten Bedingungen, denn die Maxima fallen bei ihnen in jene Richtungen, nach welchen die Minima im Flussspath vorkommen. Wohl aber wird 1) die Cohäsionsverhältnisse des Bleiglanzes, des Steinsalzes, kurz aller Krystalle von kubischer Spaltbarkeit repräsentiren.

3. So wie 1) für $n = \infty$ den Würfel, so stellt

$$1 = \left(\frac{x}{a}\right)^{2n} + \left(\frac{y}{b}\right)^{2n} + \left(\frac{z}{c}\right)^{2n} \tag{2}$$

für $n = \infty$ das Parallelepiped dar. Denn es ist $\frac{x}{a} = \pm 1$ für jedes y zwischen $+ b$ und $- b$, und jedes z zwischen $+ c$ und $- c$, u. s. f. Da dies sowohl für ein orthogonales als auch für ein beliebig geneigtes Axensystem gilt, so ist 2) die Gleichung eines jeden Parallelepipeds; sind die Axen gleich geneigt und ist $a = b = c$, so ist es die Gleichung des Rhomboëders.

Da für $n = 1$ die Relation 2) ein Ellipsoid, bezogen auf dessen conjugirte (recht- oder schiefwinklige) Axen darstellt, welches das

Parallelepiped in den Mittelpunkten der Seiten berührt, so liegen sämmtliche durch 2) dargestellte krumme Flächen (vorausgesetzt dass n ganze positive Zahlen bleiben) zwischen dem Ellipsoid und dem Parallelepiped. Man überzeugt sich leicht, dass die Diagonalen des Parallelepipeds die Richtungen der 8 Maxima der Radien vectoren der Flächen bestimmen.

Ebenso zeigt die Discussion der Hauptschnitte die Existenz von grössten Radien vectoren der krummen Schnitte in der Richtung der Diagonalen der Parallelogramme an.

Man kann dieselbe Betrachtungsweise auf die übrigen Flächen der 2. Ordnung ausdehnen und wird finden, dass den Hyperboloiden eigenthümlich gebrochene von Ebenen begrenzte, unendliche Systeme entsprechen. Die Fläche

$$\left(\frac{x}{a}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{b}\right)^{2\infty} - \left(\frac{z}{c}\right)^{2\infty} = 1$$

stellt die Combination eines rechtwinkeligen Prisma mit zwei gegen einander gewendeten abgestutzten Pyramiden dar; noch complicirter wird die Form, welche dem Hyperboloid à deux nappes zugeordnet ist, wie man sich leicht durch die Discussion oder Construction der Gleichung

$$\left(\frac{x}{a}\right)^{2\infty} - \left(\frac{y}{b}\right)^{2\infty} - \left(\frac{z}{c}\right)^{2\infty} = 1$$

überzeugt.

4. Da ein Polyëder durch eine Ebene in einem Polygon geschnitten wird, so wird

$$\begin{cases} \left(\frac{x}{a}\right)^{2n} + \left(\frac{y}{b}\right)^{2n} + \left(\frac{z}{c}\right)^{2n} = 1 \\ x\cos\alpha + y\cos\beta + z\cos\gamma = p \end{cases} \qquad (3)$$

die Gleichung eines solchen Polygons sein, sobald $n = \infty$ ist. Transformirt man die Coordinaten, indem man

$$\begin{aligned} x' &= -\sin\alpha \,.\, x + \cos\beta' \,.\, y + \cos\gamma' \,.\, z \\ y' &= \quad\cos\alpha'' \,.\, x + \cos\beta'' \,.\, y + \cos\gamma'' \,.\, z \\ z' &= \quad\cos\alpha \,.\, x + \cos\beta \,.\, y + \cos\gamma \,.\, z \end{aligned}$$

setzt (d. i. indem man die Normale der Schnittebene als Axe der Z' und die Verbindungslinie des Fusspunktes der Normalen mit der

Richtung der X als X' annimmt), so erhält man als Gleichung des Schnittes

$$\left(\frac{-x'\sin\alpha + y'\cos\alpha'' + p\cos\alpha}{a}\right)^{2n} + \left(\frac{x'\cos\beta' + y'\cos\beta'' + p\cos\beta}{b}\right)^{2n} + \left(\frac{x'\cos\gamma' + y'\cos\beta'' + p\cos\gamma}{c}\right)^{2n} = 1$$

wozu noch die Bestimmungsgleichungen

$$\begin{aligned}
\cos\alpha\ \cos\alpha'' + \cos\beta\ \cos\beta'' + \cos\gamma\ \cos\gamma'' &= 0\\
-\cos\alpha''\sin\alpha + \cos\beta''\cos\beta' + \cos\gamma''\cos\gamma' &= 0\\
-\sin\alpha\ \cos\alpha + \cos\beta'\ \cos\beta + \cos\gamma'\ \cos\gamma &= 0\\
\cos\beta'^2 + \cos\gamma'^2 &= \cos\alpha^2\\
\cos\alpha''^2 + \cos\beta''^2 + \cos\gamma''^2 &= 1
\end{aligned}$$

treten, aus welchen die Werthe von α'', β'', γ'', β', γ' als Functionen von α, β, γ erhalten werden. Wird im Exponenten $n = \infty$ gesetzt, so erhalten wir folgende Auflösungen:

$$\frac{-x'\sin\alpha + y'\cos\alpha'' + p\cos\alpha}{a} = \pm 1 \quad \text{so lange} \quad \begin{cases} \dfrac{x'\cos\beta + y'\cos\beta'' + p\cos\beta}{b} = \pm\varepsilon \\ \dfrac{x'\cos\gamma' + y'\cos\beta'' + p\cos\gamma}{c} = \pm\varepsilon' \end{cases}$$

unter ε, ε' jede beliebige positive Zahl, zwischen 0 und 1, verstanden;

$$\frac{x'\cos\beta' + y'\cos\beta'' + p\cos\beta}{a} = \pm 1 \quad \text{so lange} \quad \begin{cases} \dfrac{-x'\sin\alpha + y'\cos\alpha'' + p\cos\alpha}{a} = \pm\delta \\ \dfrac{x'\cos\gamma' + y'\cos\beta'' + p\cos\gamma}{c} = \pm\delta' \end{cases}$$

unter ε_1, ε'_1 jede beliebige positive Zahl, zwischen 0 und 1, verstanden;

$$\frac{x'\cos\gamma' + y'\cos\beta'' + p\cos\gamma}{c} = \pm 1 \quad \text{so lange} \quad \begin{cases} \dfrac{-x'\sin\alpha + y'\cos\alpha'' + p\cos\alpha}{a} = \pm\varepsilon_2 \\ \dfrac{x'\cos\beta' + y'\cos\beta'' + p\cos\beta}{b} = \pm\varepsilon_2' \end{cases}$$

unter ε_2 und ε_2' ähnliche Grössen wie ε_0, ε_0', $\varepsilon_,$, $\varepsilon_,'$ verstanden.

Die erste Auflösung stellt zwei parallele Gerade dar, die bis zum Durchschnitte mit den beiden anderen Parallelen reichen, deren Gleichungen in der zweiten und dritten Auflösung enthalten sind. Es geht daraus zunächst hervor, dass ein Parallelepiped höchstens einen sechseckigen Schnitt liefern kann; sollten von den

Bedingungen, welche jede Auflösung begleiten, mehrere unmöglich werden, so wird sich die Seitenzahl auf 5, 4 oder 3 reduciren.

5. Als ein einfacheres Beispiel wähle ich die Projection des Schnittes auf die Ebene XY. Man erhält aus 3)

$$\left(\frac{x}{a}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{b}\right)^{2\infty} + \left(\frac{p-ux-vy}{wc}\right)^{2\infty} = 1 \qquad (4)$$

Man hat folgende Auflösungen:

a) . . . $\frac{x}{a} = +1$ so lange $\frac{y}{b} = \varepsilon_0$, $\frac{p-ua-\varepsilon_0 vb}{wc} = \varepsilon_0'$

$\frac{x}{a} = +1$ „ „ $\frac{y}{b} = \varepsilon_,$, $\frac{p+ua-\varepsilon_, vb}{wc} = \varepsilon_,'$

wird ε_0' oder $\varepsilon_,'$ für alle Werthe von ε_0 oder $\varepsilon_,$ zwischen 0 und 1 grösser als 1, so ist im ersten Falle die erste, im zweiten die zweite Auflösung unmöglich. Gibt die Annahme $\frac{y}{b} = +1$ ein $\varepsilon_0' < 1$, so schneiden sich die Geraden $x=a, y=b$; gibt $\frac{y}{b} = +1$ ein $\varepsilon_,' < 1$, so schneiden sich die Geraden $x=-a, y=b$; gibt $\frac{y}{b} = -1$ ein $\varepsilon_0' < 1$, so schneiden sich die Geraden $x=a, y=-b$; gibt $\frac{y}{b} = -1$ ein $\varepsilon_,' < 1$, so schneiden sich die Geraden $x=-a, y=-b$;

b) . . . $\frac{y}{b} = +1$ so lange $\frac{x}{a} = \varepsilon_0$, $\frac{p-ua\varepsilon_0-bv}{wc} = \pm\varepsilon_0'$

$\frac{y}{b} = -1$ „ „ $\frac{x}{a} = \varepsilon_,'$, $\frac{p-ua\varepsilon_,+bv}{wc} = \pm\varepsilon_,'$

es lässt sich hier genau dasselbe bemerken, wie bei den zwei vorigen Auflösungen;

c) . . . $\frac{p-ux-vy}{wc} = +1$ so lange $\frac{x}{a} = \varepsilon_0$ $\frac{y}{b} = \varepsilon_0'$

$\frac{p-ux-vy}{wc} = -1$ „ „ $\frac{x}{a} = \varepsilon_,$ $\frac{y}{b} = \varepsilon_,'$

Das heisst, es werden die Geraden $ux+vy = \mp wc+p$ so lange Bestandstücke des Perimeters liefern, als ihnen durch solche Werthe

von x und y Genüge geleistet werden kann, die zwischen $x = +a$ und $x = -a$, und zwischen $y = +b$ und $y = -b$ enthalten sind. Es kann sein, dass dies entweder für beide oder auch nur für eine Auflösung unmöglich wird; im letzten Falle hört das dritte Glied der Gleichung 4) auf eine geometrische Bedeutung zu haben.

Man kann nun bezüglich der ersten 4 Auflösungen sagen, dass

$x = +a$ unmöglich ist, so lange $(p - ua - \varepsilon vb)^2 > w^2c^2$
$x = -a$ „ „ „ „ $(p + ua - \varepsilon vb)^2 > w^2c^2$
$y = +b$ „ „ „ „ $(p - vb - \varepsilon ua)^2 > w^2c^2$
$y = -b$ „ „ „ „ $(p + vb - \varepsilon ua)^2 > w^2c^2$

ist. Wird $(p - ua \pm \varepsilon vb)^2 = w^2c^2$ für einen gewissen Werth von ε, während es für alle übrigen $> w^2c^2$ bleibt, so wird das Polygon in dem Punkte $x = a$, $y = \pm \varepsilon b$ von der Geraden $x = a$ berührt. Ähnliches gilt an allen übrigen Auflösungen.

Nehmen wir an, es sei $a = 3$, $b = 2$, $c = 1$; $u = \frac{3}{\sqrt{50}}$, $v = \frac{4}{\sqrt{50}}$, $w = \frac{5}{\sqrt{50}}$; $p = 0$, d. i. die schneidende Ebene gehe durch den Mittelpunkt des Parallelepipeds. Dann ist

$x = 3$ so lange $\left(\frac{3 \cdot 3 - \varepsilon \cdot 8}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = \frac{1}{2}$ bis $\varepsilon = -1$
also von $y = -1$ bis $y = -2$,

$x = -3$ so lange $\left(\frac{3 \cdot 3 - 8 \cdot \varepsilon}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = \frac{1}{2}$ bis $\varepsilon = 1$
also von $y = +1$ bis $y = +2$,

$y = 2$ so lange $\left(\frac{-2 \cdot 4 - 9 \cdot \varepsilon}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = \frac{1}{3}$ bis $\varepsilon = -1$
also von $x = -1$ bis $x = -3$,

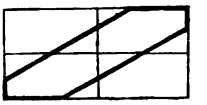
$y = -2$ so lange $\left(\frac{2 \cdot 4 - 9\varepsilon}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = -\frac{1}{3}$ bis $\varepsilon = 1$
also von $x = 1$ bis $x = 3$,

$3x + 4y = -5$ so lange $x^2 < 9$, $y^2 < 4$ ist, d. i. von $x = 1$ bis $x = -3$,

$4x + 4y = +5$ so lange $x^2 < 9$, $y^2 < 4$ ist, d. i. von $x = -1$ bis $x = 3$.

Das Sechseck Fig. 1 wird somit durch die Gleichung

$$\left(\frac{x}{3}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{2}\right)^{2\infty} + \left(\frac{3x-4y}{5}\right)^{2\infty} = 1$$



dargestellt.

Setzen wir dagegen

$$u = \frac{1}{\sqrt{26}},\ v = \frac{1}{\sqrt{26}},\ w = \frac{-5}{\sqrt{26}},\ p = \frac{1}{\sqrt{26}}$$

so ist

$x = 3$ so lange $\left(\frac{2(1+\varepsilon)}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = -1$ bis $\varepsilon = +1$,
also von $y = -2$ bis $y = +2$,

$x = -3$ so lange $\left(\frac{4-2\varepsilon}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = -\frac{1}{2}$ bis $\varepsilon = +1$,
also von $y = -1$ bis $y = +2$,

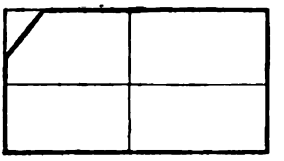
$y = 2$ so lange $\left(\frac{1+3\varepsilon}{5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = +1$ bis $\varepsilon = -1$,
also von $x = +1$ bis $x = -1$,

$y = -2$ so lange $\left(\frac{3(1-\varepsilon)}{-5}\right)^2 \leqq 1$, d. i. von $\varepsilon = -\frac{2}{3}$ bis $\varepsilon = +1$,
also von $x = -2$ bis $x = +3$,

$x + y = 6$ so lange $(x)^2 < 9$, $(y)^2 < 4$; aber das ist offenbar unmöglich, denn die kleinsten Werthe, deren x und y fähig sind, sind $x = y = 3$; für jedes kleinere x wird y noch grösser, also unmöglich; für jedes kleinere y wird $x > 3$, wird also unmöglich. $x + y = -4$ ist möglich von $x = -2$ bis $x = -3$.

Die Gleichung

$$\left(\frac{x}{3}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{2}\right)^{2\infty} + \left(\frac{1-x-y}{-5}\right)^{2\infty} = 1$$



stellt somit das nebenstehende Fünfeck dar.

6. Es fällt in die Augen, dass die Gleichung des Polygons dadurch entsteht, dass man die Gleichungen der einzelnen Linien, die Bestandstücke des Perimeters liefern, auf die Form $f(x, y) \equiv ax + by = 1$ bringt, und hierauf die einzelnen $f(x, y)$ zur Potenz 2∞ erhebt und addirt. Dies wird noch deutlicher durch folgende zwei Beispiele werden.

Setzt man $u = v = p = 0$, so wird 4)

$$\left(\frac{x}{a}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{b}\right)^{2\infty} = 1$$

dies ist aber offenbar die Gleichung des Parallelogramms.

Transformirt man die Coordinaten, indem man denselben Mittelpunkt beibehält, aber ein schiefwinkliges System einführt, das den Diagonalen des Parallelogramms entspricht, so erhält man

$$\left(\frac{x+y}{\sqrt{a^2+b^2}}\right)^{2\infty} + \left(\frac{x-y}{\sqrt{a^2+b^2}}\right)^{2\infty} = 1$$

Es ist aber $x + y = \pm\sqrt{a^2+b^2}$ die Gleichung der der früheren Axe b parallelen, $x - y = \pm\sqrt{a^2+b^2}$ die Gleichung der der früheren Axe x parallelen Seiten.

Geht man von schiefwinkligen Coordinatenaxen aus, so dass die Axen XY einen Winkel von 60° einschliessen, so wird

$$x^{2\infty} + y^{2\infty} + (x+y)^{2\infty} = 1$$

die Projection des Durchschnittes der Ebene

$$x + y + z = 0$$

mit dem gleichseitigen schiefwinkligen Parallelepiped

$$x^{2\infty} + y^{2\infty} + z^{2\infty} = 1$$

sein. Transformirt man dann die Coordinaten so, dass die Axe der X' den Winkel von 60°, die Axe der Y' den Winkel von 120° halbiren, so wird

$$x' = (x+y)\cos 30^\circ \qquad y' = (y-x)\sin 30^\circ$$

folglich

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{x'}{\cos 30} + \frac{y'}{\sin 30}\right) \qquad y = \frac{1}{2}\left(\frac{x'}{\cos 30} - \frac{y'}{\sin 30}\right)$$

Dies gibt in die Gleichung der Projection substituirt

$$\left[\frac{x}{2\cos 30^\circ} + \frac{y}{2\sin 30^\circ}\right]^{2\infty} + \left[\frac{x}{2\cos 30^\circ} - \frac{y}{2\sin 30^\circ}\right]^{2\infty} + \left[\frac{x}{\cos 30^\circ}\right]^{2\infty} = 1$$

Man sieht auf den ersten Blick, dass

$$\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\cos 30} + \frac{y}{\sin 30}\right) = \pm 1, \frac{1}{2}\left(\frac{x}{\cos 30} - \frac{y}{\sin 30}\right) = \pm 1, \frac{x}{\cos 30} = \pm 1$$

die Gleichungen der Geraden sind die ein reguläres Sechseck bilden, und zwar bezogen auf den Radius des umschriebenen Kreises als Lineareinheit.

Dies führt nun zu folgender Methode, die Gleichung eines beliebigen regulären $2n$ Ecks aufzustellen.

7. Es sei $2n$ die Anzahl der Polygonseiten; der Bogen den eine Seite als Sehne vom umschriebenen Kreise abschneidet ist $r\frac{\pi}{n}$, folglich die Entfernung der Seite vom Kreismittelpunkt $= r\cos\frac{\pi}{2n}$. Die Gleichungen der einzelnen Polygonseiten sind nun

$$\begin{aligned}
x &= r\cos\frac{\pi}{2n}\\
x\cos\frac{\pi}{n} + y\sin\frac{\pi}{n} &= r\cos\frac{\pi}{2n}\\
x\cos\frac{2\pi}{n} + y\sin\frac{2\pi}{n} &= r\cos\frac{\pi}{2n}\\
&\vdots\\
x\cos\frac{k\pi}{n} + y\sin\frac{k\pi}{n} &= r\cos\frac{\pi}{2n}
\end{aligned}$$

und die Gleichung des Polygons wird

$$x^{2\infty} + \left(x\cos\frac{\pi}{n} + y\sin\frac{\pi}{n}\right)^{2\infty} + \left(x\cos 2\frac{\pi}{n} + y\sin 2\frac{\pi}{n}\right)^{2\infty} + \ldots$$
$$+ \left(x\cos\frac{(n-1)\pi}{n} + y\sin\frac{(n-1)\pi}{n}\right)^{2\infty} = \left(r\cos\frac{\pi}{2n}\right)^{2\infty}$$

oder kurz

$$S_{k=1}^{k=n}\left(\frac{x\cos\frac{(k-1)\pi}{n} + y\sin\frac{(k-1)\pi}{n}}{r\cos\frac{\pi}{2n}}\right)^{2\infty} = 1$$

Die Gleichung des Quadrats ist somit

$$\left(\frac{x}{r\cos 45^0}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{r\cos 45^0}\right)^{2\infty} = 1$$

die des Sechsecks:

$$\left(\frac{x}{r\cos 30}\right)^{2\infty} + \left(\frac{x\cos 60 + y\sin 60}{r\cos 30}\right)^{2\infty} + \left(\frac{-x\cos 60^0 + y\sin 60}{r\cos 30}\right)^{2\infty} = 1$$

. Man würde endlich auf diesem Wege fortfahrend zur Gleichung . Kreises

$$lim_{n=\infty} S_{k=1}^{k=\frac{n}{2}} \left(\frac{x \cos \frac{(k-1)\pi}{n} + y \sin \frac{(k-1)\pi}{n}}{r \cos \frac{\pi}{2n}} \right)^{2\infty} = 1$$

gelangen.

Für die Seitenzahl $(2n + 1)$ wird eine kleine Veränderung nothwendig. Denn hat man zwei Parallele

$$ux + vy = p$$
$$ux + vy = p'$$

so kann p' so gewählt werden, dass es eine unmögliche Lösung gibt. Man erhält dies dadurch, dass $p = \pi_1 - \pi_2$ und $p' = \pi_1 + \pi_2$ gesetzt wird. Dann wird

$$\frac{ux + vy - \pi_1}{\pi_2} = -1, \quad \frac{ux + vy - \pi_1}{\pi_2} = 1$$

folglich $$\left(\frac{ux + vy - \pi_1}{\pi_2}\right)^2 = 1.$$

Bei einem unregelmässigen Polygon wird die Gleichung die Form

$$\left(\frac{u_1x + v_1y + a_1}{p_1}\right)^{2\infty} + \left(\frac{u_2x + v_2y + a_2}{p_2}\right)^{2\infty} + \ldots + \left(\frac{u_nx + v_ny + a_n}{p_n}\right)^{2\infty} = 1$$

annehmen.

8. Setzt man allgemein φ_k für die Function $\varphi_k(xy)$, so wird in der Gleichung

$$\varphi_0^{2\infty} + \varphi_1^{2\infty} + \varphi_2^{2\infty} + \ldots + \varphi_n^{2\infty} = 1$$

das Glied φ_k einen Theil des Perimeters einer eckigen (aus gerad- oder krummlinigen Elementen zusammengesetzten) Linie darstellen, wenn die Gleichung

$$\varphi_k = \pm 1$$

durch solche Werthe von x und y erfüllt wird, welche in jede andere der Functionen φ substituirt, diese kleiner oder gleich 1 machen. Denn so lange $\varphi < 1$ ist, wird $\varphi^\infty = 0$; ist aber $\varphi = \pm 1$, so ist, wenn r solche Glieder vorhanden sind,

$$r \cdot \varphi^{\infty} = 1 \qquad \varphi = r^{-\frac{1}{\infty}} = 1$$

aus 1

Es ist klar, dass φ nicht blos eine gerade Linie bedeuten muss. Denn auch die Gleichung

$$\left(\frac{x^2 + y^2}{r^2}\right)^{\infty} + \left(\frac{x^2}{a^2}\right)^{\infty} = 1$$

gibt eine mögliche Lösung so lange $a < r$ ist; es stellt dies eine aus zwei Kreisbögen und zwei Geraden zusammengesetzte gebrochene Linie dar, welche nach den Coordinatenrichtungen symmetrisch ist, indem sie auch in der Form

$$\left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{r}\right)^{2\infty} + \left(\frac{x}{a}\right)^{2\infty} = 1$$

geschrieben werden kann.

Man kann daher nach der in diesem Paragraph angegebenen Methode eben so gut krumm- als geradlinige Polygone darstellen; dabei kann das Polygon eine geschlossene oder offene Form haben, je nachdem der Exponent 2∞ oder ∞ ist.

Führt man Polarcoordinaten ein, so reducirt sich die Aufgabe auf die Ermittlung des Minimum der Radien vectoren für jede gegebene Richtung und die Curve, welche durch die betreffende Gleichung dargestellt wird, ist der geometrische Ort der Endpunkte dieser kleinsten Radien vectoren.

9. Aus dem bisherigen folgt, dass die Curve

$$\varphi_0^{2n} + \varphi_1^{2n} + \varphi_2^{2n} + \ldots \varphi_k^{2n} = 1$$

sich immer enger an das Polygon

$$\varphi_0^{2\infty} + \varphi_1^{2\infty} + \varphi_2^{2\infty} + \ldots \varphi_k^{2\infty} = 1$$

anschliesst, je höher der Exponent n wird. Diess gibt ein Kennzeichen durch welches die Hauptform einer Curve aus den Coëfficienten ihrer Gleichung ermittelt werden kann. Es sei

$$A_0 x^{2n} + A_1 x^{2n-1} y + A_2 x^{2n-2} y^2 + \ldots + A_{2n-1} x y^{2n-1} + A_{2n} y^{2n} = 1$$

Ist es nun möglich die Coëfficienten folgendermassen zu zerlegen, dass

$$A_0 = a_0^{2n} + a_1^{2n} + \ldots + a_k^{2n}$$
$$A_1 = \binom{2n}{1}[a_0^{2n-1}b_0 + a_1^{2n-1}b_1 + \ldots + a_k^{2n-1}b_k]$$
$$A_2 = \binom{2n}{2}[a_0^{2n-2}b_0^2 + a_1^{2n-2}b_1^2 + \ldots + a_k^{2n-2}b_k^2]$$
$$\vdots$$
$$A_{2n-1} = \binom{2n}{2n-1}[a_0 b_0^{2n-1} + a_1 b_1^{2n-1} + \ldots + a_k b_k^{2n-1}]$$
$$A_{2n} = b_0^{2n} + b_1^{2n} + \ldots + b_k^{2n}$$

so wird die Gleichung 5) in die Form

$$(a_0 x + b_0 y)^{2n} + (a_1 x + b_1 y)^{2n} + \ldots + (a_k x + b_k y)^{2n} = 1$$

zu bringen sein, welche für $n = \infty$ ein $2k$ Eck darstellt. Die Curve 7) wird daher in der Hauptform mit einem $2k$ Eck übereinstimmen, in welches ein Kreis sich einschreiben lässt. Was für das $2k$ Eck gilt, lässt sich auch für ein Polygon von ungerader Seitenzahl oder für Curven, die aus hyperbolischen Ästen bestehen, darthun. Es ist aber nicht die Absicht der gegenwärtigen Note auf diesen Gegenstand näher einzugehen.

Wird auch die Discussion einer gegebenen Gleichung unter dem hier angegebenen Gesichtspunkt viele Schwierigkeiten darbieten, so wird es um so leichter einen algebraischen Ausdruck anzugeben, der eine Curve repräsentirt, die sich beliebig nahe an ein reguläres oder symmetrisches $2k$ Eck anschliesst.

Man braucht nur in der Gleichung des $2k$ Ecks statt des Exponenten ∞ eine endliche positive ganze Zahl zu setzen, und erhält die verlangte Gleichung.

So wird das Quadrat die Grenze aller Formen angeben, die durch die Gleichung

$$\left(\frac{x}{a}\right)^{2n} + \left(\frac{y}{a}\right)^{2n} = 1$$

dargestellt werden. Die Diagonalrichtung des Quadrates ist durch die Gleichung $x \pm y = 0$ gegeben; diese Linie geht zugleich durch die Punkte grösster Krümmung dieser Curven, denn führt man ein Polar-Coordinatensystem ein, so findet sich der grösste Radius vector für den Winkel von 45° mit der als Polaraxe gewählten Axe A, X. Nun ist

$$x = y = a\,2^n \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{2n}}$$

folglich $\rho^2 = 2x^2$ und es wird für das in den Kreis von Radius 1 eingeschriebene Quadrat, wenn

$$\begin{aligned} n &= 1 \qquad \rho = 0{\cdot}7071 \\ n &= 2 \qquad \rho = 0{\cdot}8089 \\ n &= 3 \qquad \rho = 0{\cdot}8909 \\ n &= 4 \qquad \rho = 0{\cdot}9170 \\ n &= 5 \qquad \rho = 0{\cdot}9330 \\ n &= \infty \qquad \rho = 1 \end{aligned}$$

Wollte man dasselbe Verfahren anwenden, um die Gleichung des Dreiecks zu erhalten, so würde sich unmittelbar keine passende Lösung zeigen. Denn die Gleichung

$$f_1^n + f_2^n + f_3^n = 1$$

stellt für endliche Werthe von n, wenn n gerade ist, eine symmetrisch sechseckige Curve, wenn aber n ungerade ist, ein System von drei hyperbolischen Curven dar, deren Scheitel an Krümmung mehr und mehr abnehmen. Dasselbe würde man für eine beliebige Anzahl von Gliedern der Gleichung finden.

Man kann aber immer auch eine Gleichung für das Dreieck, Fünfeck u. s. f. angeben, sobald man nach §. 7 den Coordinatenmittelpunkt für jede einzelne Seite in der Art transformirt, dass von den zwei durch eine gerade Potenz gelieferten Geraden nur die eine eine mögliche Lösung darbietet. So ist z. B.

$$x^{2n} + y^{2n} + (1 - x - y)^{2n} = 1$$

die Gleichung eines rechtwinkligen Dreiecks, sobald $n = \infty$ wird und einer Curve, die sich ohne Ende der Form des rechtwinkligen Dreiecks nähert, wenn n ohne Ende wächst.

10. Es wird nunmehr nicht schwer, das von Polygonen ausgesagte auch auf Polyëder anzuwenden. Denn es stellt offenbar

$$\varphi_0 (xyz)^{2\infty} + \varphi_1 (xyz)^{2\infty} + \varphi_2 (xyz)^{2\infty} + \ldots + \varphi_k (xyz)^{2\infty} = 1$$

einen von Flächen beliebiger Ordnung ganz oder theilweise umschlossenen Raum dar, dessen Begrenzung der Bedingung Genüge leistet, dass der Radius vector an jedem Punkte derselben der kleinstmögliche ist. Die Auflösung

$$\varphi_0 (xyz) = \pm 1$$

fordert dass alle andern φ für die dieser Auflösung entsprechenden Coordinaten kleiner oder gleich ± 1 werden. Werden mehrere φ für gleiche Coordinaten $= \pm 1$, so haben wir einen Eckpunkt; werden nur zwei φ für dieselben Coordinaten $= \pm 1$, so erhalten wir eine Kante.

Soll z. B. die Gleichung derjenigen Oberfläche angegeben werden, welche den sechs Kugeln gemeinsamen Raum umschliesst, deren Radien sämmtlich gleich r und deren Mittelpunkte symmetrisch um einen Punkt im Raume angeordnet sind, so hat man

$$\varphi_0 = \frac{(x+a)^2+y^2+z^2}{r^2},\quad \varphi_1 = \frac{(x-a)^2+y^2+z^2}{r^2}$$

$$\varphi_2 = \frac{x^2+(y+a)^2+z^2}{r^2}$$

u. s. f., folglich die gesuchte Gleichung

$$\left[\frac{\sqrt{(x+a)^2+y^2+z^2}}{r^2}\right]^{2\infty} + \left[\frac{\sqrt{(x-a)^2+y^2+z^2}}{r^2}\right]^{2\infty} +$$
$$+ \left[\frac{\sqrt{x^2+(y+a)^2+z^2}}{r^2}\right]^{2\infty} + \left[\frac{\sqrt{x^2+(y-a)^2+z^2}}{r^2}\right]^{2\infty} +$$
$$+ \left[\frac{\sqrt{x^2+y^2+(z+a)^2}}{r}\right]^{2\infty} + \left[\frac{\sqrt{x^2+y^2+(z-a)^2}}{r}\right]^{2\infty} = 1$$

Setzt man auch hier n nicht ∞, sondern 2, 3, 4 . . . . so nähert man sich der verlangten Form ohne Ende, durch eine Anzahl krummer Flächen.

Man kann nach dieser Methode leicht die Gleichung einer jeden Krystallform angeben, diese mag einfach oder combinirt sein.

Es seien $f_1 = 1, f_2 = 1 \ldots f_k = 1$ die Gleichungen der einzelnen Krystallflächen und zwar in ähnlicher Entfernung vom Coordinatenmittelpunkte, wie es der Beobachtung entspricht, so ist

$$f_1^{2\infty} + f_2^{2\infty} + f_3^{2\infty} + \ldots + f_k^{2\infty} = 1$$

die Gleichung der Combination und zwar in beliebiger Verziehung. Soll z. B. die Combination des Oktaëders mit dem Dodekaëder und Hexaëder angegeben werden, bei vorherrschenden Oktaëderflächen, so wird, da

$$\Phi = \left(\frac{x+y+z}{a}\right)^{2\infty} + \left(\frac{-x+y+z}{a}\right)^{2\infty} + \left(\frac{x-y+z}{a}\right)^{2\infty} + \left(\frac{-x-y+z}{a}\right)^{2\infty} = 1$$

die Gleichung des Oktaëders von der Axenlänge a,

$$X = \left(\frac{x+y}{b}\right)^{2\infty} + \left(\frac{x-y}{b}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y+z}{b}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y-z}{b}\right)^{2\infty} + \left(\frac{z+x}{b}\right)^{2\infty} + \left(\frac{z-x}{b}\right)^{2\infty} = 1$$

die Gleichung des Dodekaëders von der Axenlänge b und

$$\Psi = \left(\frac{x}{c}\right)^{2\infty} + \left(\frac{y}{c}\right)^{2\infty} + \left(\frac{z}{c}\right)^{2\infty} = 1$$

die Gleichung des Hexaëders von der Axenlänge c ist, die Gleichung der verlangten Combination

$$\Phi + X + \Psi = 1$$

sein. Von der relativen Länge von a, b, c hängt dies Vorherrschen der einen oder andern Form ab; natürlich muss unter allen Umständen $c < b < a$ sein.

Diese Darstellung gilt für alle Systeme. Man sieht, dass es nicht schwer fallen kann den Schnitt einer beliebigen Ebene mit einer beliebigen Krystallcombination durch Rechnung zu bestimmen.

11. Es ist nun auch die im ersten Paragraph erwähnte Aufgabe zu lösen. Da im Flussspath die Cohäsionsverhältnisse die Symmetrie des Oktaëders aufweisen, so wird die Cohäsionsfläche von der Form

$$(x+y+z)^{2n}+(-x+y+z)^{2n}+(x-y+z)^{2n}+(-x-y+z)^{2n}=1$$

sein. Setzen wir $n = 2$, so gibt dies als erste Approximation

$$x^4 + y^4 + z^4 + 6\,(y^2z^2 + z^2x^2 + x^2y^2) = \frac{1}{4}$$

Die Spaltbarkeit des Flussspathes ist so ausgezeichnet, dass gewiss ein höherer Werth von n der Wahrheit mehr entsprechen wird; dagegen ist zu erwarten, dass die Cohäsionsverhältnisse des Alauns mit ziemlicher Genauigkeit durch diese Gleichung dargestellt werden.

Granat und Blende lassen sich nach den Flächen des Dodekaëders spalten. Die Cohäsionsfläche ist daher von der Form

$$(x+y)^{2n} + (x-y)^{2n} + (y+z)^{2n} + (y-z)^{2n} + (z+x)^{2n} + (z-x)^{2n} = 1$$

was als erste Approximation

$$x^4 + y^4 + z^4 + 3\,(y^2z^2 + z^2x^2 + x^2y^2) = \frac{1}{2}$$

gibt. Da sich die beiden Gleichungen für oktaëdrisch- und dodekaëdrisch spaltbare Krystalle nur durch die Constanten unterscheiden, so ist es wohl nothwendig zu höheren Zahlen für n aufzusteigen, sobald es sich um eine schärfere Unterscheidung handelt.

Es ist leicht diese Betrachtungsweise auf alle übrigen Systeme auszudehnen.

Diese Gleichungen geben nun auch ein Mittel an die Hand die Formen von Differentialgleichungen höherer Ordnung zu errathen, welche zur Darstellung der Bewegungserscheinungen dienen können, in welchen die Verschiebungen nicht mehr unendlich klein gesetzt werden.

12. Nach bekannten Beobachtungen (s. meine Bearbeitung der Miller'schen Krystallographie, S. 226) steht die Härte in einem einfachen reciproken Verhältnisse zur Spaltbarkeit. Die weichsten Flächen sind die Spaltungsflächen und die Härte nimmt zu mit der Neigung der Flächen gegen die Spaltungsrichtungen.

Es scheint darum, dass die Cohäsionsflächen unmittelbar dazu dienen können, die Härtegrade der verschiedenen Flächen eines und desselben Krystalles anzugeben. Es sind zwar vom Kalkspath bereits ziemlich viele Bestimmungen bekannt; ich bereite aber eine neue umfassendere Untersuchung einer Kalkspathkugel vor. Die Schwierigkeit eine solche in den passenden Dimensionen zu erhalten, und ihr den nöthigen Schliff zu verleihen, hat bisher die Arbeit verzögert. Jedenfalls aber wird es leichter sein die Cohäsionsverhältnisse auf diesem indirecten Wege zu entwickeln, als auf directem durch die Anwendung von Gewichten.

Die Thatsache, dass Krystalle auf derselben Fläche verschiedene Härten zeigen, je nachdem sie nach verschiedenen Richtungen geritzt werden, ist durch die Cohäsionsfläche deutlich angezeigt. Denn wenn die ritzende Spitze von härteren zu weicheren Flächen, d. i. von kleineren zu grösseren Radien vectoren der Cohäsionsfläche fortschreitet, muss die beobachtete Härte nothwendig eine andere sein, als wenn die Spitze den umgekehrten Weg geht.

Es ist bisher weder die Anziehung eckiger Körper, noch auch die Vertheilung der Elektricität auf Würfeln, Pyramiden u. dgl. Flächen mit Genauigkeit zu berechnen gewesen. Zwar sollte die

Elektricität auf einem Würfel aus vollkommen leitendem Materiale überhaupt nicht bestehen können, sondern in unmessbar kurzer Zeit durch die Kanten und Ecken entweichen. Dass sie trotzdem beobachtet wird zeigt, dass überhaupt keine absoluten Kanten und Ecken herzustellen sind. Es ist zu erwarten, dass die Form der Gleichung, welche es erlaubt krumme Flächen anzugeben, die sich bis zu jedem beliebigen Grade eckigen Körpern nähern, zur Lösung dieser Aufgabe sich nützlich erweisen wird.

13. Die Function

$$\left[sin\,(2q+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}$$

ist Null für alle gebrochenen, dagegen gleich 1 für alle ganzen, positiven oder negativen, Werthe von q. Es wird somit

$$\xi = ap\left[sin\,(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}$$

für	$p = \pm 1,$	$\pm 2,$	± 3	. . . .
den Werth	$p = \pm a$	$\pm 2a$	$\pm 3a$	. . . .

erlangen. Die Gleichung stellt ein System von Ebenen dar, die zur Coordinatenebene YZ parallel sind und nach gleichen Intervallen a auf einander folgen. Ebenso werden die Gleichungen

$$\eta = bp\left[sin\,(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}$$

$$\zeta = cp\left[sin\,(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}$$

Systeme von Ebenen darstellen, die parallel zur Coordinatenebene XZ und XY in gleichen Intervallen b und c auf einander folgen.

Es sei nun Q eine beliebige Function der Coordinaten x, y, z. Nehmen wir an es werde Q auf ein anderes Coordinatensystem bezogen, das mit dem ursprünglichen parallel bleibt, dessen Ursprung aber um die Grössen ξ, η, ζ verschoben werde. Es wird dann

$$Q = F(x-\xi, y-\eta, z-\zeta).$$

Sind ξ, η, ζ nicht beliebige Grössen, sondern wird von ihnen gefordert, dass sie die Gleichungen

$$\frac{\xi}{ap\left[sin(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}} = \frac{\eta}{bp\left[sin(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}} = \frac{\zeta}{cp\left[sin(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]^{2\infty}} = 1$$

erfüllen, so ist Q nicht mehr eine einzelne Fläche, sondern ein System von Flächen, deren analoge Punkte im Raume nach gleichen Intervallen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ nach den drei Coordinatenrichtungen auf einander folgen. So wird

$$\left[\left(\frac{x-\mathfrak{a}p\left[\sin(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]}{a}\right)^{\frac{2\infty}{2}}+\left(\frac{y-\mathfrak{b}p\left[\sin(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]}{b}\right)^{\frac{2\infty}{2}}+\right.$$
$$\left.+\left(\frac{z-\mathfrak{c}p\left[\sin(2p+1)\frac{\pi}{2}\right]}{c}\right)^{\frac{2\infty}{2}}=1\right]_{p=p'}^{p=p''}$$

ein System von gleichen und ähnlichen Ellipsoiden darstellen, deren Mittelpunkte nach der Richtung der X um $\mathfrak{a}$, nach der Richtung der Y um $\mathfrak{b}$, nach der Richtung der Z um $\mathfrak{c}$ von einander abstehen. Ist $\mathfrak{a}=2a$, $\mathfrak{b}=2b$, $\mathfrak{c}=2c$, so wird jedes Ellipsoid an den Endpunkten der Axen von benachbarten Ellipsoiden tangirt. Ist $a=b=c=r$, $\mathfrak{a}=\mathfrak{b}=\mathfrak{c}$, so erhalten wir ein System von Kugeln vom Halbmesser r, deren Mittelpunkte nach den Coordinatenrichtungen in den Abständen $\mathfrak{a}$ auf einander folgen; ist $r=0$, so reducirt sich die Gleichung auf ein System von Punkten.

Würde der Exponent der einzelnen Glieder nicht gleich 2, sondern gleich $2n$ gesetzt, so erhielte man ein System von Flächen, deren Hauptform zwischen dem Ellipsoid und Parallelepiped enthalten ist. Für $n=\infty$ wird es ein System an Parallelepipeden.

Da die $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ selbst Functionen des Raumes und der Zeit sein können, so ist es möglich in dieser Weise ein System darzustellen, dessen Elemente nach einem beliebigen Gesetze im Raume vertheilt sein können. Wäre z. B. Q für $\xi=\eta=\zeta=0$ die Gestalt eines Molecüls, so würde Q als Function von ξ, η, ζ mit variablen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ ein System darstellen wie die elastischen ungleichartig gedehnten Körper u. dgl.

Die Unabhängigkeit der Zonen und des Krystallsystems von der Temperatur, so wie die Spaltbarkeit deuten darauf hin, dass in Krystallen die Anordnung der Massenmittelpunkte der Molecüle eine solche ist, dass sie genöthigt sind immerfort in einer der (wirklichen oder möglichen) Krystallebenen zu bleiben. Man erhält dadurch Bestimmungsgleichungen zur Auswerthung der $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$ als Functionen der Krystallconstanten bei irgend einer Ausgangstemperatur, der Wärmecapacität und der Temperaturen.

Vorgelegte Druckschriften.

Nr. 29.

Annales des Mines. Cinquième Série. Tom. XIII. livr. 2, 1858; 8°.

Astronomical Journal, The. Nr. 115. Albany, Juli 1858.

Brück, R., Électricité ou Magnètisme du globe terrestre. Deuxième partie, 2ième vol. Bruxelles, 1858; 8°.

Cosmos, VII année, XIIIième vol. livr. 18—20.

Flora. Nr. 25 bis 40. 1850; 8°.

VERZEICHNISS

DER

EINGEGANGENEN DRUCKSCHRIFTEN.

NOVEMBER, DECEMBER.

Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes. Band I, Nr. 4.

Académie I. des sciences de St. Pétersbourg. Bulletin de la classe physico-mathématique. Tome XVI. 4°. — Compte rendu pour l'année 1857, par C. Wessélovsky. 8°.

— I. des sciences, belles lettres et arts de Lyon. Mémoires. Classe de sciences, Tom. V, VI, VII. Classe de lettres, Tom. IV, V, VI. Lyon, 1857, 58; 8°.

Academy, american, of arts and sciences, Boston and Cambridge. Proceedings, vol. III, IV, livr. 1. 1857; 8°.

— of science, of St. Louis. The Transactions, 1858; 8°.

— of natural sciences of Philadelphia. Journal. New Series. Vol. III, part 4. Philadelphia, 1858; 4°. — Proceedings. Vol. VIII. 1856; 8°.

Akademie, kais. Leopoldinisch-Carolinische der Naturforscher, Preisfrage der — ausgesetzt von dem Fürsten Anato von Demidoff, zur Feier des Allerh. Geburtsfestes I. M. der Kaiserin Mutter Alexandra von Russland, am 13. Juli 1859.

Akademie der Wissenschaften zu Kopenhagen, Oversigt, over det Kgl. danske Videnskabernes Selskab Forhandlingar i Aaret 1857. — Det K. D. Videnskabernes Selskabs Skrifter. V Raekke. Historiskog — Philosophisk Afdeling, II Binds, 2 Hefte. Quaestiones quae in anno 1858 proponuntur a Societate R. Danica.

Annalen der Chemie und Pharmacie. Band CVII, Heft 3. — Neue Reihe, Band XXXII, Heft 1. 8°.

Annali dell Istituto di Corrispondenza Archeologica. T. XXIX. Roma, 1857; 8°.

Annales des mines. Tome XII, livr. 5, 6. — Tome XIII, livr. 1, 2. 8°.

Annals of the astronomical observatory of Harward College, Vol. II, part 1. Cambridge, 1857; 4°.

Anzeiger für schweizerische Geschichte. Nr. 1 — 5. 1857. 8°.

Arneth, Alfr., Prinz Eugen von Savoyen. Band III. Wien, 1858; 8°.

Archiv für schweizerische Geschichte. Band XII. 8°.

— für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Band I, Heft 5. Utrecht, 1858; 8°.

Association, american, for the advancement of science. Proceedings. Tenth and eleventh meeting. Cambridge, 1857/8; 8°.

Austria, X. Jahrgang, Heft 40 — 47.

Bauzeitung, Allgemeine, Jahrgang XXIII, Heft 9, 10; 4°, sammt Atlas in Fol.

Belli, G., Sulle induzioni eletrostatiche. 8° (Separatabdruck aus dem Nuovo Cimento, Vol. VII.)

Bineau, A., Etudes chimiques sur les eaux pluviales et sur l'atmosphère de Lyon. 1858; 8°. — Resumé des données ozonometriques. 1858; 8°. — Etudes sur les dissolutions des carbonates terreux et de principaux oxides mettalliques. Lyon, 1854; 8°.

Bouillier F., L'Institut et les Académies de Province. Lyon, 1857; 8°.

Breslau, Akademische Gelegenheitsschriften.

Bronn, G. H., Die Entwicklung der organischen Schöpfung. 8°.

Bulletino dell Istituto di Corrispondenza Archeologica per l'anno 1857; 8°.

Carion, Dr. Prof., Karl Stellwag von, Die Ophthalmologie vom naturwissenschaftlichen Standpunkte aus. Band II, 3. und 4. Abtheilung. Erlangen, 1858; 8°.

Catalogus Codicum manu scriptorum Bibliothecae Regiae Monacensis. Tom. VII. 1858; 4°.

Cicogna, E. A., Genealogia della nobile famiglia Veneziana Zon. Venezia, 1857; 4°.

— Tre lettere familiari inediti di Bernardo Marcello. 4°.

Cosmos, VII Année, vol. XIII, livr. 17 — 23.

Cremona, Luigi, Sulle linee del' terz'ordine a doppia curvatura. Roma, 1858; 8°.

Desmouceaux, Mur., Notice biographique sur Balthasar Romano. Naples, 1857; 8°.

Dudley Observatory, The. An address to the citizens of Albany, and the donors and friends of the D. O., on the recent proceedings of the trustees; from the committee of citizens appointed at a public meeting held in Albany, on the 13. of Juli 1858. Albany, 1858; 8°. — Defence of Dr. Gould by the scientific council of the. — Second ed. Albany, 1858; 8°.

Fenicia, Salv., Monografia di Ruvo di Magna Grecia. 8°.

Gar, Tomm., Biblioteca Trentina. Disp. 3 — 6. 1858; 8°.

Gazette medicale d'Orient, 11ème année, Nr. 8, 9.

Gesellschaft, naturforschende, in Zürich, Zweiter Jahrgang, Heft 1—4. Dritter Jahrg., Heft 1 und 2. 8°.

— physikalisch - medicinische, in Würzburg, Verhandlungen. Band IX, 1. Heft. 8°.

— Senkenbergische naturforschende. Abhandlungen, Band II, Lief. 2. Frankfurt a. M. 1858; 4°.

Gewerbe-Verein, nieder-österreichischer, Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1858, Heft 7, 8. 8°.

Gillis, J. M., Observations to determine the sollar parallax. The U. S. Naval. — Astronomical expedition to the southern Hemisphere, during the year 1849—52. Vol. III. Washington, 1856; 4°.

Göttingen, akademische Gelegenheitsschriften.

Hall, Jonathan, Register of the Thermometer for 36 years.

Holmes, Fr., Remains of domestic animals discoverded among Post - Pleiocene Fossils in South Carolina. Charlestown, 1858; 8°.

Jahrbuch, neues, für Pharmacie und verwandte Fächer. Band X, Heft 3.

Jahresbericht, Siebenter, des Marien - Vereines. Wien, 1858; 4°.

Journal of Natural History. Vol. VI, Nr. 4. Boston, 1857; 8°.

Kolenati, Prof., Fauna des Altvaters. Brünn, 1859; 8°.

Kořistka, C., Studien über die Methoden und die Benützung hypsometrischer Arbeiten, nachgewiesen an den Niveauverhältnissen der Umgebungen von Prag. Gotha, 1858; 4°.

Land- und forstwissenschaftliche Zeitung, Jahrgang VIII, Nr. 46. Beiblatt Nr. 25. 1858; 4°.

Lausitzisches Magazin, neues. Im Auftrage der Oberlausitzischen Gesellschaft der Wissenschaften herausg. v. G. Köhler. Band XXXIV, Heft 1 — 4. Görlitz, 1858; 8°.

Leidy, J., Notice of remains of extinct Vertebrata from the valley of the Niobrara river. Philadelphia, 1858; 8°.

Message from the president of the U. S. communicating the fourth meteorological report of Prof. J. P. Espy. Washington, 1857; 4°.

Maury's Sailing Directions. Seventh ed., July, 1855. Washington; 4°.

— Eighth ed., August, 1858. Washington; 4°.

Milne, Edw., Lecons sur la Physiologie et l'Anatomie comparée de l'homme et des animaux. Tome III, part 2. Paris, 1858; 8°.

Miller, H., The testimony of the rocks etc. Philadelphia, 1857; 8°.

Mittheilungen der k. k. Central-Commission zur Erforschung und Erhaltung der Baudenkmale. III. Jahrgang, Novemb., Decemb. 1858. 4°.

— des historischen Vereines der fünf Orte. Band XIV. 8°. (Der Geschichtsfreund.)

— der geschichts- und alterthumsforschenden Gesellschaft des Osterlandes. Band IV, Heft 4.

— aus Justus Perthes' geographischer Anstalt. Heft 8.

München, akademische Schriften.

Negri, Franc., Lettere di Francesco Petrarca. Venezia, 1858; 4°.

Ohio Agricultur report for the year 1856. Columbus, 1857; 8°.

Památky archaeologické a místopisné vydavané od archaeologického sboru musea království českého nákladem matice české. Díl III. sešit. 3. 1858.

Perry, M. C., Com., U. S. Japan Expedition. Vol. I, II. Washington, 1856; 4°.

Radcliffe Observatori, Oxford, Astronomical and meteorological observations in the year 1856. Vol. XVII. 1858; 8°.

Ragona, Dom., Giornale astronomico et meteorologico dell R. Osservatorio di Palermo. Vol. I, II. 1857; 4°.

— Lezioni, memorie ed articoli intorno a varii argomenti di Astronomia sferica e teorica. Vol. I, fasc. 1. Palermo, 1857; 8°.

— Rivista meteorologica del 1857; 8°.

— Sulla terza cometa del 1854. 1857; 4°.

Ragona, Su taluni nuovi fenomeni di colorazione soggettiva. Nota. Palermo, 1858; 4°.

— Sulle vicende meteorologiche di Dicembre 1857 e Gennaro 1858 in Palermo. Nota. Fol.

Ram, P. F. X. de, Discours après le service funèbre pour le repos de Jean Henri van Oyen. Louvain, 1858; 8°.

Rennie, George, On the quantity of Heat developed by Water when rapidly agitated.

Report of explorations and surveys, to ascertain the most practicable and economical route for a railroad from the Mississippi river to the pacific Ocean. Vol. II — VII. Washington, 1858; 4°.

— of the commissioner of patents for the year 1856. Agriculture I. Mechanics I, II. Washington, 1857; 8°.

Reumond, Alfr., La gioventù di Caterina de Medici. Firenze, 1858; 12°.

Schmidt, Dr. Jul., Untersuchungen über das Erdbeben am 15. Jänner 1858. Wien; 4°.

Societät der Wissenschaften zu Helsingfors. Acta Societatis scient. fenn. Band V, 2. 4°. — Notiser, Band III. 4°. — Bidrag, Band II — IV. 8°. — Paläontologie Südrusslands von Dr. Alexander von Nordmann. Zwei Hefte mit 12 Tafeln.

Société, R. des Antiquaires du Nord à Copenhague. Atlas de l'Archéologie du Nord. Fol. — Annales for nordisk Oldkyndighed, 1857; 8°. — Sur la Construction des salles dites des géants par S. M. le Roi Frédérié VII de Danemark. 8°.

— Linnéenne de Lyon. Annales. Nouv. sér. Tome III, IV, 1857; 8°.

— I. d'Agriculture etc. de Lyon. Annales des sciences physiques et naturelles etc. 2° sér.: Tome VIII, 3° sér.: Tome I. Lyon, 1856, 57; 8°.

Stiegler, Joh. Nep., Dr., Die Psychologie des h. Gregor von Nyssa. Regensburg, 1857; 8°.

Tafeln zur Statistik des Steuerwesens im österreichischen Kaiserstaate mit besonderer Berücksichtigung der directen Steuern und des Grundsteuer - Katasters. Herausgegeben von dem k. k. Finanzministerium. Wien, 1858; Folio.

Theimann, E., Erster österreichischer Kopf- und Schnellrechner mit der neuen österreichischen Münze. Wien, 1858; 8°. — Die Decimalrechnung. Wien, 1858; 8°.

Transactions of the Michigan State, Agricultural society, 1856. Vol. VIII. Lansing, 1857; 8°.

Tydschrift voor Indische Taal-Land- en Volkenkunde. Deel III, afl. 1 — 6. Batavia, 1857; 8°.

Verbeck, Heinr., De Rainaldi II Comitis Gerliae rebus gestis. Particula I. Monasterii. 8°.

Verein für Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. XII. Jahrgang. Neubrandenburg, 1858. 8°.

— für Naturkunde im Herzogthume Nassau. Heft 12. Wiesbaden, 1857.

— historischer von und für Oberbaiern. Oberbaierisches Archiv für vaterländische Geschichte, Band XVII, Heft 3; XVIII, 1, 2.

Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap von Kunsten en Wetenschappen. Deel XXVI. Batavia, 1854 — 1857; 4°.

Wattenbach, W., Deutschlands Geschichtsquellen im Mittelalter bis zur Mitte des zwölften Jahrhunderts. (Herausg. von der kön. Societät d. W. zu Göttingen.)

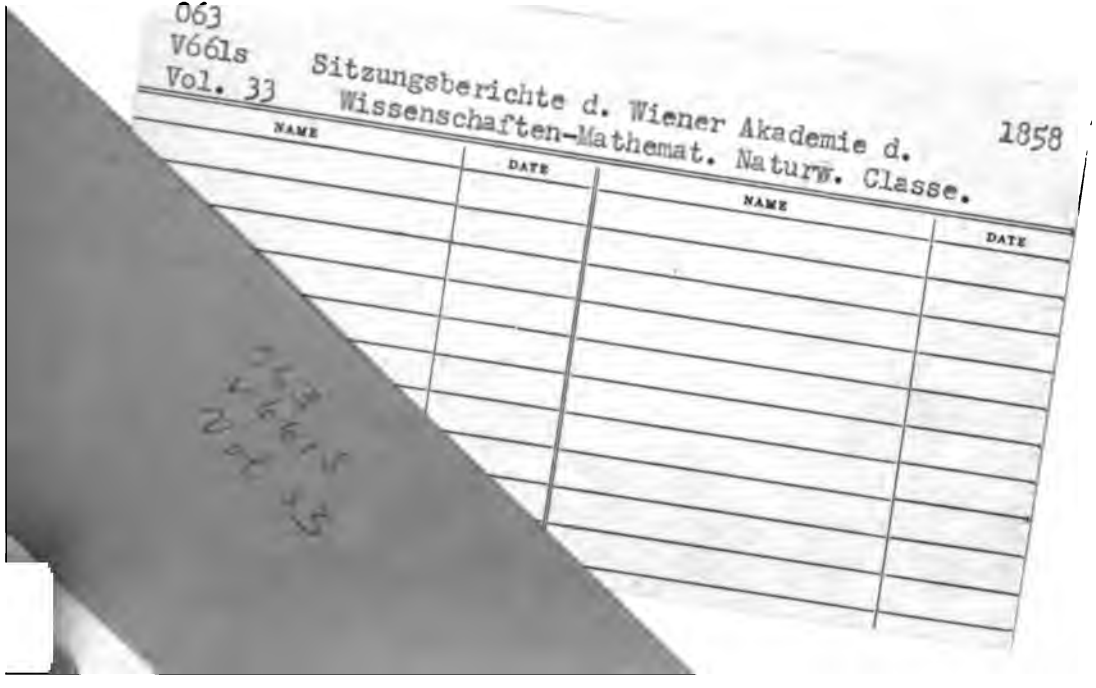
Weber, Dr. Alb., Indische Studien. Band IV, Heft 2, 3. 1858; 8°.

Wiener medicinische Wochenschrift, Jahrgang VIII, Nr. 45, 49, 50.

Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Jahrgang 1858, Bd. XI. Berlin, 1858; 8°.

— des österr. Ingenieurvereines. Jahrgang X, Heft 9 und 10, 1858.

— der Deutschen morgenländischen Gesellschaft. Band XII, Heft 4, 1858; 8°.



Stanford University Libraries
3 6105 007 783 835